SÉRIE
DE LA GESTION
DE L'ÉNERGIE

17

À L'INTENTION
DES INDUSTRIES,
COMMERCES
ET INSTITUTIONS

Manutention des matériaux et transport sur place

Canada

PRÉFACE

L'art et la science de la gestion de l'énergie ont accompli des progrès remarquables au cours de la dernière décennie. La gestion de l'énergie est devenue une discipline sérieuse dans le cadre du processus de gestion de la plupart des entreprises qui connaissent le succès.

D'abord, au début des années 70, on a mis sur pied des programmes d'économie d'énergie afin de réduire la menace de pénurie d'énergie que pesait sur le Canada, de même que la dépendance du pays à l'endroit du pétrole étranger. Toutefois, la hausse vertigineuse des prix n'a pas tardé a donner une signification nouvelle à l'expression «économie d'énergie»: réduire le coût de l'énergie.

Nombre d'industries, de commerces et d'organismes publics ont relevé le défi et abaissé les coûts d'énergie jusque dans une proportion de 50%. On est ainsi arrivé à utiliser l'énergie de façon rationnelle, grâce à des mesures telles que des programmes d'information à l'intention du personnel, des moyens d'entretien plus à point, la simple élimination du gaspillage, et en mettant de l'avant des projets aptes à moderniser ou améliorer les installations et l'équipement.

Pour en arriver maintenant à économiser d'avantage l'énergie, il importe de mieux connaître la technologie et ses applications en plus d'avoir recours à des appareils à haut rendement énergétique.

A la demande du Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne, du Programme des groupes de travail sur la gestion de l'énergie dans les secteurs commercial et institutionnel, et d'associations professionnelles et commerciales intéressées, la Division de l'énergie industrielle du ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources a élaboré une série de modules techniques portant sur la gestion de l'énergie.

Ces manuels aideront les gestionnaires et le personnel d'exploitation à découvrir les possibilités de gestion de l'énergie dans leur cadre de travail. On y trouve une quantité de renseignements pratiques, notamment des équations mathématiques, des renseignements généraux sur des techniques éprouvées, ainsi que des exemples concrets d'économie d'énergie.

Pour obtenir de plus amples renseignements concernant les modules figurant dans la liste qui suit ou la documentation utilisée dans le cadre des ateliers, y compris les études de cas, veuillez écrire à l'adresse suivante:

La Division de la gestion de l'énergie dans les
entreprises et dans le secteur gouvernemental
Direction des économies d'énergie
Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources
580, rue Booth
Ottawa, Ontario
K1A OE4

Gestion de l'énergie et participation des employés
Évaluation de la consommation
Analyse financière énergétique
Compatibilité de la gestion énergétique
Récupération de la chaleur perdue
Isolation thermique des équipements
Éclairage
Électricité
Moteurs électriques économiseurs d'énergie
Combustion
Appareillage de chaufferie
Fours, sécheurs et fours de cuisson
Systèmes à vapeur et à condensat
Chauffage et refroidissement énergétique (Vapeur et eau)
Conditionnement de l'air
Refroidissement et pompes à chaleur
Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé
Ventilateurs et pompes
Compresseurs et turbines
Mesures et contrôles
Régulation automatique
Manutention des matériaux et transport sur place
Point de vue architectural
Accumulation thermique

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987

En vente au Canada par l'entremise des

Librairies associées
et autres libraires

ou par la poste auprès du

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa (Canada) K1A 0S9

N° de catalogue M91-6/17F au Canada: $4.00
ISBN 0-662-93339-7 à l'étranger: $4.80

Prix sujet à changement sans préavis

Tous droits réservés. On ne peut reproduire aucune partie du présent ouvrage, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photographique) ni en faire un enregistrement sur support magnétique ou autre pour fins de dépistage ou après diffusion, sans autorisation écrite préalable des Services d'édition, Centre d'édition du gouvernement du Canada, Ottawa, Canada K1A 0S9.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
Objectif	1
Contenu	1
NOTIONS DE BASE	3
Objectifs	3
Critères de sélection de l'équipement	3
Aménagement des installations	4
Gestion des rebuts	4
Ordonnancement	4
Analyse et automation des activités de production	4
Aires d'expédition et de réception	4
Aires intérieures	4
Aires extérieures	5
Analyse énergétique	5
Résumé	6
APPAREILLAGE	7
Systèmes de convoyeurs	7
Convoyeurs aériens à chariots et à chaîne	7
Systèmes de câbles de halage aériens et encastrés dans le plancher	8
Convoyeurs pneumatiques	9
Convoyeurs de matières en vrac	10
Convoyeurs à rouleaux d'entraînement	12
Convoyeurs de manutention de colis motorisés	13
Puissance d'alimentation	14
Convoyeurs non motorisés	17
Contrôle et entretien des convoyeurs	17
Goulottes et glacis	18
Palans et grues	18
Chariots élévateurs	19
Chariots-grues à fourche	22
Contrôle et entretien des chariots élévateurs	22

Divers véhicules roulants 22
Système de stockage et de retrait automatisé 23
Monte-charges et ascenseurs 23
Joints de rampe, abris et portes à bandes souples 24
POSSIBILITÈS DE GESTION DE L'ÉNERGIE 25
Possibilités de maintenance 25
Exemples concrets de maintenance 25
1. Vigilance du personnel à l'égard des objectifs de gestion de l'énergie. 25
2. Bien identifier les allées et les garder libres. 25
3. Garder libres les zones de fabrication. 26
4. Arrêter les moteurs de l'équipement non utilisé. 26
5. Garder les portes fermées. 27
6. Réviser l'horaire de réception des marchandises. 27
7. Réviser les calendriers pour réduire les charges par à-coups. 28
8. Réviser l'ordonnancement pour réduire les heures de service de l'équipement. 28
9. Élaborer des programmes de vérification de l'équipement et d'entretien préventif. 29
Possibilité d'amélioration de coût modique 29
Exemples concrets de possibilités d'amélioration de coût modique 29
1. Installer des dispositifs d'arrêt automatiques. 29
2. Ralentir l'équipement motorisé. 30
3. Isoler les enceintes de convoyeurs. 30
4. Réparer ou remplacer les joints de rampe, les abris et les portes à bandes souples endommagés. 31
5. Installer des boucliers métalliques, des rideaux ou des portes à bandes souples. 31
6. Installer un système de contrôle de monoxyde de carbone. 31
7. Réviser l'emplacement de l'aire de stockage des matériaux. 31
8. Remplacer les palans à air comprimé par des palans électriques ou manuels. 31
9. Ne pas acheter de chariots élévateurs de trop grande capacité. 32
10. Réviser l'équipement et les méthodes de manutention des matériaux. 32
11. Réviser les méthodes de manutention, de collecte et de déchargement des rebuts. 33
Possibilités de rénovation 33
Exemples concrets de rénovation 33
1. Réviser les activités de traitement et de manutention des matériaux de l'installation. 33
2. Améliorer la surface de roulement de la cour. 33
3. Étudier la possibilité d'utiliser des microprocesseurs et des ordinateurs pour les contrôles. 34
4. Installer des commandes automatiques sur le monte-charge. 34
5. Réduire la fréquence des livraisons. 34
6. Installer un système de télévision en circuit fermé. 34
7. Choisir un équipement de dimension appropriée à haut rendement énergétique. 34
8. Fusionner des entrepôts. 34

ANNEXES

A Glossaire
B Tables
C Conversions courantes
D Feuilles de travail

INTRODUCTION

L'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux joue un rôle important dans l'exploitation efficace des entreprises commercialles, des installations industrielles et des immeubles de caractère public. Même si les coûts d'exploitation de ces équipements sont assez élevés, on évalue rarement les méthodes à suivre pour utiliser efficacement ou économiser l'énergie.

Objectif

Voici, en résumé, l'objectif du présent module.

- Décrire l'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux couramment utilisé dans les installations industrielles, les bâtiments commerciaux et les immeubles de caractère public.
- Attirer l'attention sur les possibilités de gestion de l'énergie des installations déjà existantes et sur les nouvelles possibilités offertes avec l'acquisition de nouveaux équipements.
- Démontrer les avantages engendrés par une bonne gestion de l'énergie.
- Donner des renseignements et des conseils qui encourageront l'étude des possibilités de gestion de l'énergie dans le domaine de la manutention et du transport sur place des matériaux.

Contenu

Le présent module se divise en quatre chapitres.

- Le chapitre *Notions de base* étudie les objectifs et les principes généraux relatifs à l'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux.
- Le chapitre *Appareillage* décrit l'équipement et les systèmes les plus couramment utilisés.
- Le chapitre *Possibilités de gestion de l'énergie* donne les valeurs d'économie d'énergie, exemples concrets à l'appui (s'il y a lieu), ainsi que les calculs de période de rentabilité.
- Les *Annexes* réunissent un glossaire, des tables, des facteurs de conversion et des feuilles de travail.

NOTIONS DE BASE

On entend par *la manutention et le transport sur place des matériaux*, les méthodes de déplacement des matières, de la cour ou aire de réception, en passant par les différentes phases de la production jusqu'au stockage, et finalement à l'aire d'expédition pour fins de distribution. On a beaucoup insisté ces dernières années sur la mécanisation des systèmes, ce qui a répandu l'usage de plusieurs types d'équipements de manutention et de transport sur place, depuis les simples convoyeurs par gravité jusqu'aux systèmes intégrés gérés par ordinateur.

Quoique le secteur industriel utilise plus couramment ce type d'équipement, les bâtiments commerciaux et les immeubles de caractère public utilisent également de l'équipement de manutention régulièrement.

Dans le langage courant, le terme «manutention des matériaux» identifie la manutention d'un produit solide tel que des boîtes ou des poches de sucre, des poudres sèches, des grains de céréale, des pneus ou autres objets similaires. L'écoulement des liquides et des gaz est habituellement considéré comme faisant partie d'un réseau de tuyauteries à liquide ou à gaz et n'est pas traité dans le présent module. Pour les réseaux de tuyauteries à vapeur ou à condensat, se référer au «Systèmes à vapeur et à condensat», module 8. Pour les systèmes de distribution d'eau et d'air comprimé, se référer aux «Systèmes de distribution d'eau et d'air comprimé», module 12.

L'usage de l'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux ne se limite pas nécessairement aux marchandises et aux produits. Les personnes utilisent aussi des systèmes de transport tels que: transport vertical par ascenseurs, horizontal par trottoirs roulants, incliné par escaliers mobiles.

Objectifs

On peut définir les objectifs de l'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux de la manière suivante:

- *Améliorer la capacité de production* en s'assurant que les matières sont déplacées et stockées efficacement afin d'éviter toute interruption inutile de la production. On peut atteindre cet objectif en planifiant avec soin l'aménagement des installations, les aires de réception et d'expédition et la zone d'entreposage.
- *Améliorer la sécurité* par le biais d'équipements mécaniques qui diminuent l'effort physique et la fatigue et aident à éviter les accidents.
- *Diminuer les coûts* en choisissant et en utilisant avec soin l'équipement mécanique qui déplace les matières le plus efficacement possible.

Critères de sélection de l'équipement

Il est important de bien choisir l'équipement puisque celui-ci affecte la capacité de production, le coût, l'utilisation, le temps mort, l'entretien, la durabilité et la souplesse d'emploi. Les exigences de base en manutention des matériaux doivent être bien définies que le système soit conçu par le propriétaire, un expert-conseil ou le constructeur d'équipement. Les critères de sélection doivent comprendre: la prévision des besoins futurs, la possibilité de nouvelles techniques de fabrication, les prévisions de ventes à long terme et les plans à long terme de l'entreprise. La liste de contrôle suivante peut être utile lors de la sélection d'un nouvel équipement.

- Faire une étude de marché pour connaître les types d'équipements et de systèmes offerts.
- Utiliser si possible, de l'équipement standard.
- Minimiser les types d'équipements différents au sein de l'installation pour simplifier l'exploitation et l'entretien.
- S'assurer de la disponibilité des pièces de rechange et de l'efficacité du service du fournisseur.
- Déterminer la consommation énergétique et les possibilités d'économie d'énergie.
- Réviser les méthodes de contrôle et envisager une technologie moderne, comme une commande par microprocesseur.

- S'assurer de la souplesse d'emploi des systèmes.
- S'assurer que les systèmes offrent une possibilité d'expansion.
- Comparer les différents équipements pour faire un choix judicieux.

Pour obtenir un rendement optimal à long terme, il faut étudier en détail les activités actuelles et futures et déterminer avec soin les exigences en équipement avant d'effectuer la sélection finale.

Aménagement des installations

Il importe d'exploiter efficacement les installations et d'examiner à intervalle régulier leur aménagement. En effet, l'étude de l'aménagement des installations peut démontrer que certains changements pourraient réduire l'utilisation de l'équipement de manutention. Cette étude peut aussi identifier des embouteillages provoqués par la disposition des machines de production. On peut remédier à la situation en modifiant l'aménagement et en ajoutant ou en modifiant certains équipements.

Plusieurs vieilles usines logées dans des édifices en hauteur peuvent facilement être modifiées pour économiser de l'énergie. Des goulottes peuvent être utilisées pour déplacer verticalement le produit d'un étage à un autre si les activités de fabrication ou de montage le permettent. Se référer à la section intitulée «Possibilités de gestion de l'énergie».

Gestion des rebuts

La réduction des rebuts devrait être un objectif constant dans toute exploitation. Il faut reconnaître qu'une certaine quantité de déchets est entraînée par l'exploitation d'une installation et que leur manutention, leur enlèvement et leur recyclage devraient être étudiés avec soin pour déterminer les possibilités d'économie d'énergie. Dans certains cas, les rebuts comme les déchets de bois ou les huiles usées peuvent être utilisés comme combustible pour fournir de l'énergie à un système de chauffage ou un procédé.

Ordonnancement

L'équipement de manutention et de transport sur place intègre l'acquisition, la production, l'entreposage et la distribution en un système rentable et efficace.

Pour utiliser l'équipement de manière appropriée, il faut établir une logique précise de l'acheminement des matières au sein de l'installation. L'absence de contrôle du mouvement des matières entraînera des fluctuations et de l'équipement additionnel pourra alors être nécessaire pour satisfaire aux pointes de production. Dans ce cas, le coût en capital versé pour l'équipement de l'usine sera plus élevé et l'équipement sera sous-utilisé pendant les périodes normales. Lorsque le mouvement des matières est contrôlé, l'équipement de l'usine est utilisé à pleine capacité, éliminant ainsi les fluctuations de production.

L'ordonnancement des matières reçues et expédiées, des matières en cours de traitement et des produits finis est également très important puisqu'ils ont tous un impact sur l'utilisation de l'équipement et les exigences en espace d'entreposage. Se référer à la section intitulée «Possibilités de gestion de l'énergie».

Analyse et automation des activités de production

Dans plusieurs installations, l'application de nouvelles méthodes de manutention des matériaux, l'installation de nouveaux équipements et d'un microprocesseur ou d'un système de commande informatisé offrent de nombreux avantages. L'adaptation du mouvement des matières aux activités de production et la coordination du démarrage et de l'arrêt des activités de manutention et de production peuvent améliorer l'exploitation du bâtiment et la gestion de l'énergie.

L'étude de chaque activité de production en vue de combiner une ou plusieurs activités en une opération séquentielle peut réduire la surface de plancher requise pour le stockage des matières en cours de traitement. On peut ainsi réduire les coûts de manutention associés au déplacement des matières vers les zones de production et à partir de celles-ci.

Aires d'expédition et de réception

Les aires d'expédition et de réception peuvent comporter des systèmes manuels simples ou des systèmes hautement mécanisés et automatisés. Ils se divisent en deux catérogies, soit les aires intérieures et extérieures.

Aires intérieures

Dans une aire d'expédition ou de réception intérieure, le camion, la remorque ou le wagon peut entrer dans le bâtiment pour charger ou décharger les matières. Quoique ce type d'installation assure un confort maximal aux employés par temps froid ou rigoureux, il implique un certain nombre de coûts, soit:

- Un coût en capital plus élevé en raison de l'espace intérieur additionnel.
- Des coûts d'exploitation plus élevés pour le chauffage et l'éclairage.
- Des coûts d'entretien du bâtiment plus élevés.
- L'acquisition de systèmes de surveillance et de contrôle des émissions pour maintenir le monoxyde de carbone à des niveaux acceptables.

Aires extérieures

Dans les aires d'expédition ou de réception extérieures, le transfert des produits a lieu du camion, de la remorque ou du wagon par une porte, jusque dans le bâtiment. Le moyen de transport demeure à l'extérieur du bâtiment. L'installation extérieure offre certains avantages.

- Un coût en capital inférieur puisqu'il n'y a aucun besoin d'agrandir le bâtiment pour accueillir les véhicules ou les wagons.
- Le coût d'investissement par porte étant inférieur, on peut installer un plus grand nombre de postes de chargement et de déchargement que dans une installation intérieure, ce qui permet d'absorber les pointes de circulation (plus d'ouvertures par dollars dépensés).

Ces installations comportent certains désavantages que l'on doit souligner.

- Confort moindre des employés par temps rigoureux.
- Plus grande perte de chaleur par les portes multiples et autres ouvertures à cause de l'infiltration et de l'exfiltration de l'air.
- Coûts d'entretien plus élevés à cause des portes multiples, des joints de rampe et des abris. Les coûts d'entretien sont habituellement plus élevés que ceux des installations intérieures.
- Plus grands risques d'accidents à cause de l'infiltration de la pluie ou de la neige qui rend les planchers glissants.

En général, compte tenu des facteurs économiques, on opte souvent pour l'aire d'expédition ou de réception extérieure. Il existe heureusement des méthodes qui peuvent minimiser certains de leurs désavantages tout en offrant l'avantage du coût réduit. Ces facteurs sont décrits dans la section «Appareillage».

Analyse énergétique

On retrouve des possibilités de gestion de l'énergie dans plusieurs bâtiments commerciaux, installations industrielles et immeubles de caractère public. Un grand nombre de ces possibilités peuvent être décelées lors de l'*analyse au passage* de l'installation. Cette analyse est habituellement plus fructueuse lorsqu'elle est effectuée par un spécialiste en économies d'énergie qui n'est pas associé à l'exploitation de l'installation. On peut relever certains facteurs d'économie de l'énergie lors d'une analyse au passage, comme des chariots élévateurs à fourche fonctionnant inutilement, des convoyeurs fonctionnant sans charge, de l'équipement fonctionnant inutilement, des convoyeurs fonctionnant à une vitesse trop élevée, des joints de rampe endommagés ou autres. L'attention du personnel de direction et d'exploitation ainsi qu'un bon programme d'entretien peuvent réduire la consommation énergétique et économiser de l'argent. Toutefois, il faut s'assurer que la mise en application des possibilités de gestion de l'énergie ne s'effectuent pas au détriment du produit .

Certains facteurs relevés au cours d'une analyse au passage ne sont pas aussi faciles à analyser. Par exemple, on peut remarquer que le tunnel de convoyeur entre deux bâtiments n'est pas isolé, même si le convoyeur transporte un produit chaud. À l'extrémité de déchargement du convoyeur, la matière doit être réchauffée avant d'être traitée. La réaction immédiate est d'isoler le tunnel pour réduire la perte de chaleur du produit. Certaines questions-clés surgissent.

- Quelle quantité d'isolant?
- Quel type d'isolant?
- Est-ce que les économies d'énergie permettront d'amortir assez rapidement le coût de l'isolation?

Il faut effectuer une *analyse de diagnostic* pour déterminer, à l'aide de calculs, la perte d'énergie réelle et les possibilités de réduction de la consommation énergétique. La réduction de la consommation d'énergie détermine alors les économies d'argent. On peut ainsi, en établissant le coût estimé pour l'achat et l'installation de l'isolant,

faire de simples calculs de rentabilité pour déterminer la viabilité financière du projet.

La mise en oeuvre des possibilités de gestion de l'énergie se divise en trois catégories.

- Les *possibilités de maintenance* sont des initiatives de gestion de l'énergie qui sont *exécutées de façon périodique, au moins une fois par année.*
- Les *possibilités d'amélioration de coût modique* sont des initiatives de gestion de l'énergie qui sont *réalisées une seule fois et dont le coût n'est pas élevé.*
- Les *possibilités de rénovation* sont des initiatives de gestion de l'énergie qui sont *réalisées une seule fois et dont le coût est important.*

Il est à noter que la ligne de démarcation entre les possibilités de coût modique et de rénovation est habituellement fonction de l'importance, du type et de la politique financière de l'entreprise.

Résumé

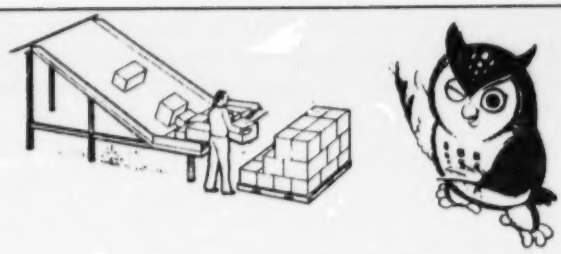
On retrouve de l'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux dans la plupart des installations industrielles, des bâtiments commerciaux et des immeubles de caractère public. Les trois principaux objectifs relatifs à l'utilisation de cet équipement sont les suivants:

- Amélioration de la capacité de production (exigences du procédé).
- Amélioration de la sécurité (exigences en sécurité).
- Réduction des coûts (exigences en réduction des coûts).

On installe habituellement ce type d'équipement pour améliorer les activités de manutention du produit et réduire la main-d'oeuvre. Toutefois, il importe de ne pas négliger les possibilités de gestion de l'énergie et de les mettre en oeuvre pour l'équipement nouveau ou déjà en place.

Lors de la sélection d'un nouvel équipement, il faut s'assurer que celui-ci est bien adapté à l'application désirée. Il est recommandé de demander conseil aux fournisseurs d'équipements ou autres spécialistes dans le domaine afin d'obtenir le système le plus efficace pour une application donnée.

APPAREILLAGE



On retrouve de l'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux dans presque tous les bâtiments commerciaux, les installations industrielles et les immeubles de caractère public. Des équipements d'usage courant sont décrits dans la présente section; toutefois, chaque application doit être étudiée individuellement pour s'assurer que l'équipement ou le système choisi est bien conçu pour l'emploi désiré. La consommation d'énergie doit être l'un des critères de sélection. On pourra obtenir plus de renseignements sur un équipement spécifique auprès des constructeurs d'équipements ou d'autres spécialistes.

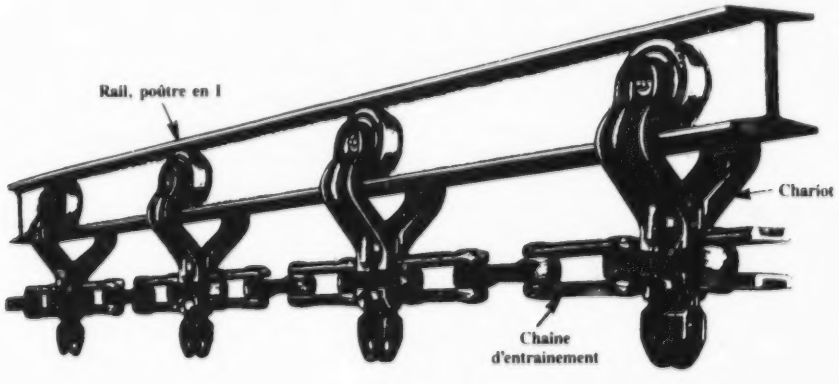
Systèmes de convoyeurs

L'usage des systèmes de convoyeurs est très répandu pour le transport des matières premières, des produits semi-finis et finis. Il peut s'agir de convoyeurs à chaîne et à chariots aériens et sur sol, de convoyeurs par gravité à auges, à courroie et à rouleaux d'entraînement ou d'un système pneumatique de manutention en vrac. Voici une brève description de chacun de ces systèmes.

Convoyeurs aériens à chariots et à chaîne

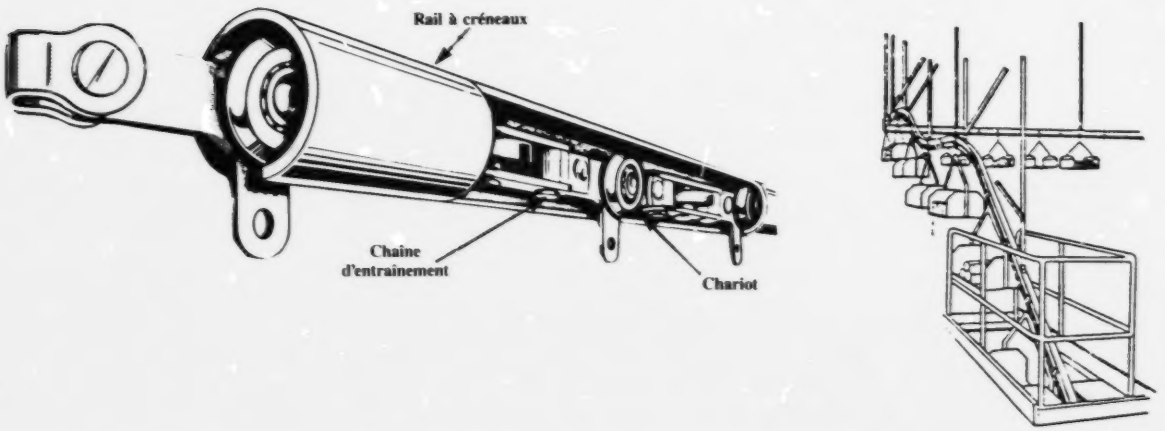
Deux types de convoyeurs aériens à chariots et à chaîne sont d'usage courant dans la plupart des installations. Il s'agit de *convoyeurs aériens à chariots à service intense et moyen* qui consistent en des chariots raccordés par une chaîne circulant sur une poutre en I (figure 1), et de *systèmes aériens à service léger* dans lesquels le chariot et la chaîne d'entraînement se déplacent sur un rail à créneaux fermé (figure 2). Dans les deux cas, des crochets spéciaux ou des transporteurs suspendus à la chaîne sont utilisés pour transporter la charge. Il peut s'agir de systèmes simples utilisés pour transporter des produits d'un poste de travail à un autre ou de systèmes complexes pouvant acheminer les produits dans des voies multiples, assurer des opérations intermittentes et l'accumulation. Ces systèmes peuvent également assurer le stockage aérien du produit entre deux activités de production.

Les systèmes à service intense et moyen sont d'usage courant dans l'industrie automobile et d'autres industries de fabrication pour acheminer les produits vers différents postes de travail, comme les bains de trempe et les cabines de peinture au pistolet.



Système à chaîne à service intense
Figure 1

Les systèmes à service léger sont utilisés pour plusieurs opérations, y compris la finition au plastique, le séchage au four, le dégraissage et le placage. Le rail à créneaux qui entoure la chaîne et le chariot leur fournit une protection et minimise les possibilités de contamination qui pourraient endommager la chaîne et les surfaces de roulement.



Système à service léger
Figure 2

Systèmes de câbles de halage aériens et encastrés dans le plancher

Les grandes installations qui assurent des services de distribution, comme les gares de marchandises, les entrepôts, les usines de fabrication, les services d'expédition et de réception ainsi qu'une grande variété d'usines utilisent couramment les *systèmes de câbles de halage aériens et encastrés dans le plancher* (figure 3). Dans ces systèmes, des charrettes tirées par une chaîne transportent le produit. Des maillons spéciaux s'enclenchent dans la cheville de remorque ou le poteau de la charrette pour la déplacer. On peut insérer ou retirer des charrettes à tout point du système en engageant et en désengageant la cheville de remorque ou le poteau de la chaîne. Les charrettes peuvent être de conception standard ou fabriquées sur mesure pour des applications particulières.

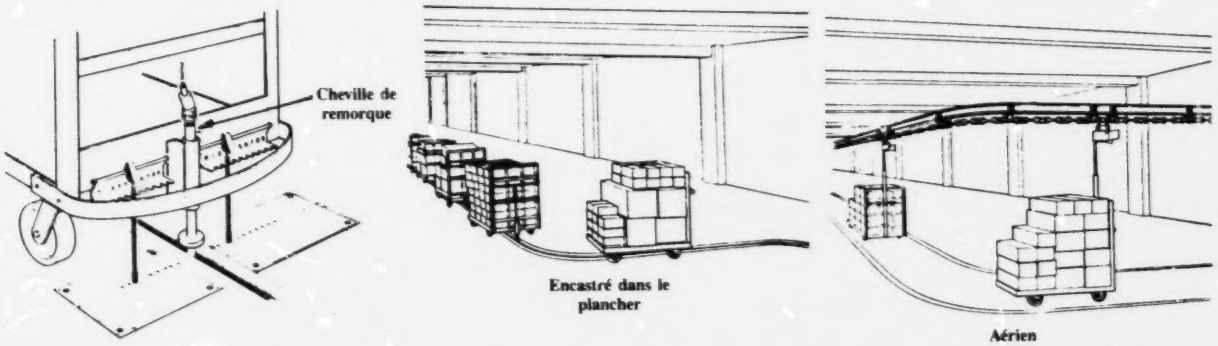
Les systèmes de câbles de halage offrent une très grande souplesse d'emploi et peuvent comprendre des boucles de stockage et des lignes intermédiaires motorisées ou non motorisées. Ils peuvent, en outre, intégrer un ou plusieurs des composants suivants:

- Des lignes intermédiaires motorisées qui consistent en de petites boucles autonomes qui enclenchent et déplacent la charrette lorsqu'elle est détournée de la boucle principale. Les charrettes destinées aux lignes intermédiaires motorisées doivent être équipées de dispositifs de désengagement de cheville de remorque ou de poteau qui agissent lorsqu'il y a contact avec une charrette ou un autre objet.
- Des lignes intermédiaires non motorisées ou tampons qui utilisent la vitesse du chariot détourné pour l'acheminer du rail principal à la ligne intermédiaire. La charrette suivante heurte alors la charrette précédente et la déplace plus loin, le long de la ligne intermédiaire.
- Des chaînes de montage équipées de déverseurs de charrettes automatiques ou de charrettes dotées d'une plate-forme spécialement conçue pour les opérations de montage.
- Des systèmes de régulation intégrant des sondes magnétiques, des lecteurs optiques et des interrupteurs de fin de course qui confirment la présence des charrettes et commandent l'ensemble du système.

La plupart des nouvelles installations mettent les systèmes de câbles de halage en place pendant la construction du bâtiment. On installe habituellement un système aérien dans les bâtiments déjà existants où un rail dans le plancher n'est ni souhaitable ni économique. La hauteur du système aérien (environ 2 m) limite toutefois son emploi. En revanche, le système encastré dans le plancher permet aux matières et à l'équipement de transport de se déplacer plus librement.

L'installation d'un système aérien dans un bâtiment déjà existant coûte beaucoup moins cher qu'un système encastré parce que la modification apportée au plancher pour intégrer les rails et le système d'entraînement constitue une dépense importante.

Du point de vue de l'entretien, les systèmes de câbles de halage aériens sont habituellement moins coûteux à entretenir que les systèmes encastrés dans le plancher. Dans ces derniers, les matériaux peuvent tomber dans le rail et endommager le système ou le rail peut s'inonder advenant des déversements sur le plancher.



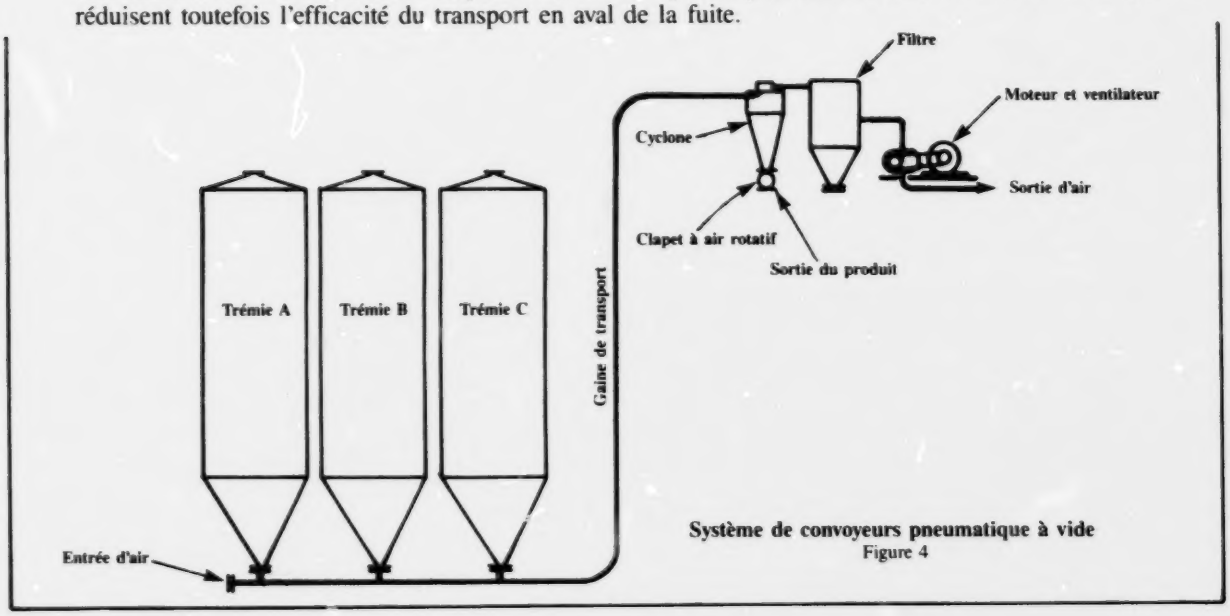
Systèmes de câbles de halage encastrés dans le plancher et aériens
Figure 3

Convoyeurs pneumatiques

Un grand nombre de matières sèches comme les pastilles de plastique, la farine, le sucre, l'amidon et les grains peuvent être entrainés par de l'air dans des boyaux, des tuyaux ou des tubes. Ces systèmes sont d'usage courant pour le transport des produits en vrac vers des silos de stockage, des équipements et des postes de traitement.

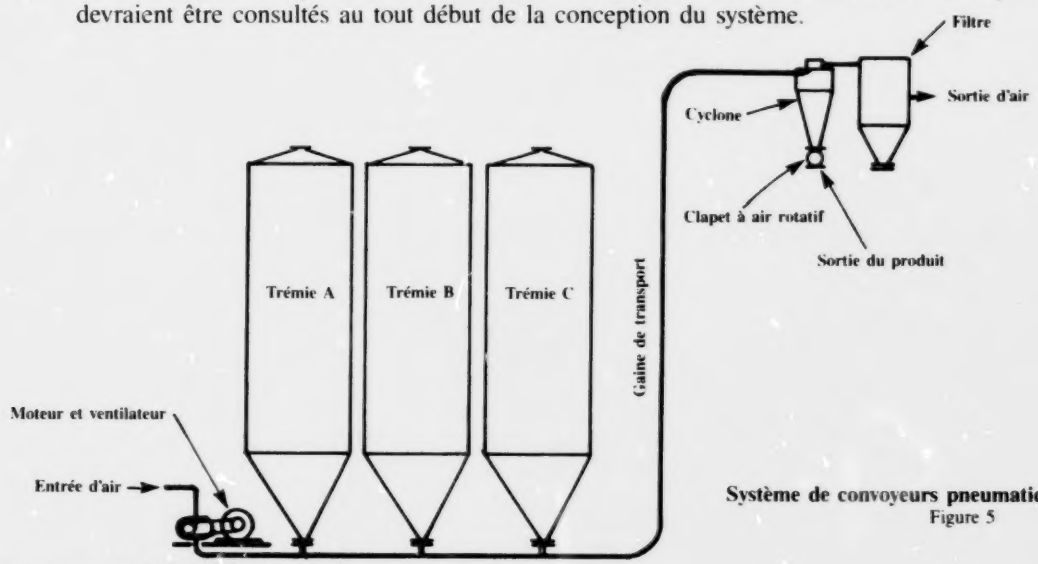
Voici les trois systèmes de base les plus courants.

- Les *systèmes à vide* aspirent le produit hors de l'aire de stockage. Ils sont composés d'un aspirateur équipé d'un cyclone, d'un clapet à air rotatif et d'un filtre anti-poussières à la sortie (figure 4). Comme ces systèmes fonctionnent sous vide, les fuites de poussières ne sont pas un problème en soi; les fuites dans le système réduisent toutefois l'efficacité du transport en aval de la fuite.



Système de convoyeurs pneumatique à vide
Figure 4

- Dans les *systèmes sous pression*, de l'air pressurisé est introduit dans le tuyau ou la gaine de transport en amont du point de stockage du produit, et une vanne rotative règle le débit de la charge dans l'écoulement de l'air (figure 5). Comme pour le système à vide, il faut installer un cyclone, un clapet à air rotatif et un filtre anti-poussières à la sortie. Les poussières et les produits peuvent s'échapper aux joints, aux soudures ou aux fissures non scellées du système.
- Les *systèmes combinés à vide et sous pression* transportent les matériaux des transporteurs en vrac (chariot ou wagon de chemin de fer) à l'entrepôt. Les accessoires comprennent des unités de transfert portatifs, des filtres anti-poussières dotés de dispositifs de décolmatage, des vannes rotatives et des cônes de décharge spéciaux qui facilitent le débit des produits secs en vrac. La sélection du système approprié est fonction de la matière à transporter et de la distance de transport. Les constructeurs de convoyeurs pneumatiques devraient être consultés au tout début de la conception du système.

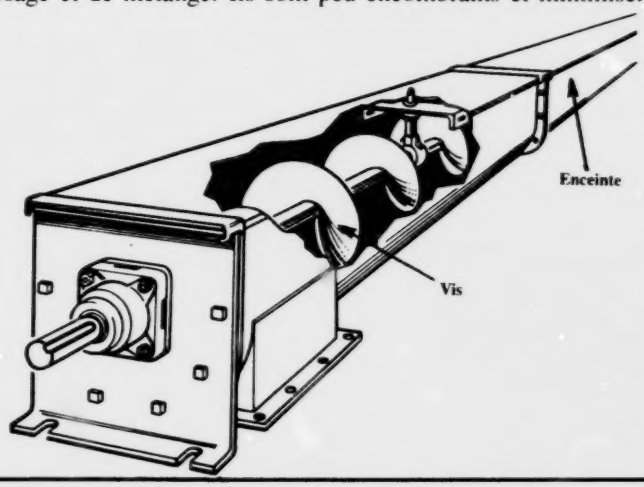


Système de convoyeurs pneumatique sous pression
Figure 5

Convoyeurs de matières en vrac

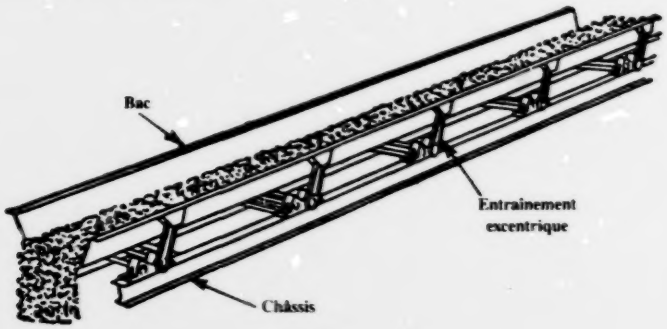
La manutention des matières en vrac est assez complexe, surtout lorsqu'il s'agit de produits lourds, mouillés, corrosifs, abrasifs ou collants. Il faut étudier la matière en détail pour bien choisir les méthodes de manutention et de transport. Voici les types d'équipements de manutention en vrac les plus courants.

- Les *convoyeurs à vis sans fin* sont essentiellement une vis logée dans un tube fermé. La rotation de la vis entraîne le produit de l'entrée vers la sortie (figure 6). Ces convoyeurs sont économiques et fiables et leur usage est très répandu pour le déplacement des produits chimiques, des copeaux de bois, du charbon, des cendres, des poudres, des grains, des engrais, des produits alimentaires et du ciment. Ils sont offerts dans une vaste gamme de matériaux de construction et de modèles de vis et se prêtent bien aux opérations de dosage et de mélange. Ils sont peu encombrants et minimisent les fuites de poussières et de gaz.



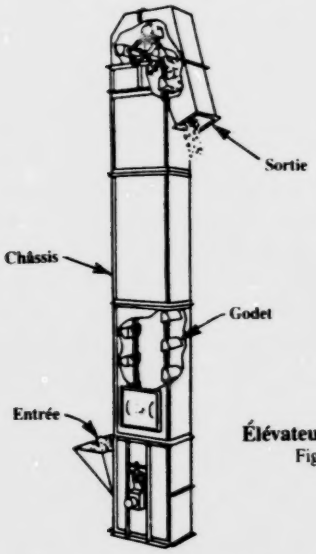
Système de convoyeurs à vis sans fin
Figure 6

- Les *convoyeurs vibrants* déplacent les matières en vrac horizontalement (figure 7). Le mouvement angulaire d'un bac déplace la matière vers l'avant. Le bac de transfert est monté sur des ressorts à lames ou à boudin et le mouvement oscillant est transmis par un entraînement excentrique raccordé au bac. Ces convoyeurs sont utilisés pour le transport des matières chaudes, lourdes et abrasives dans les fonderies, les acieries et les usines à ciment. La charge transportée peut être mesurée, classée, triée et refroidie ou chauffée à l'aide d'accessoires spéciaux. Ces appareils requièrent habituellement beaucoup d'entretien en raison de la méthode de fonctionnement et des matières transportées.

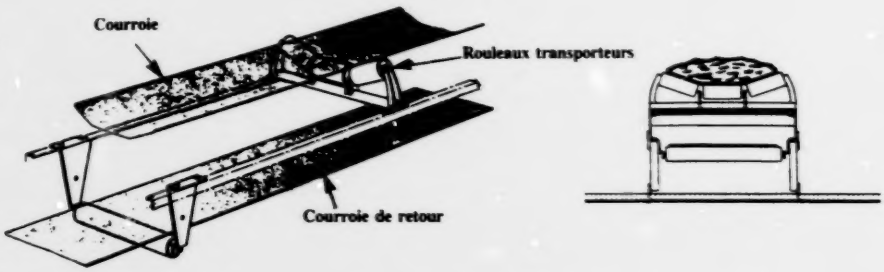


Convoyeur vibrant
Figure 7

- Les *élévateurs à godets* consistent en des godets raccordés à une courroie ou à une chaîne verticale (figure 8). Le godet ramasse la charge ou est alimenté directement au point de départ. Ce système est utilisé pour le transport vertical de produits à écoulement libre comme les grains, le charbon et les copeaux de bois. Le produit est monté et déchargé au-dessus du tambour. Les élévateurs à godets à courroie sont utilisés pour des produits en vrac de faible densité et lorsque l'élévation ne dépasse pas 40 mètres. Les systèmes à chaîne s'adaptent mieux aux charges et aux élévations plus grandes. Le modèle de godet varie selon les caractéristiques du produit, tel que sa propriété abrasive, sa fluidité et sa tendance à se tasser. Les godets peuvent être en fonte malléable, en acier, en aluminium, en plastique et en nylon. Les élévateurs à godets déversent fréquemment des matières, ce qui nécessite des nettoyages réguliers.



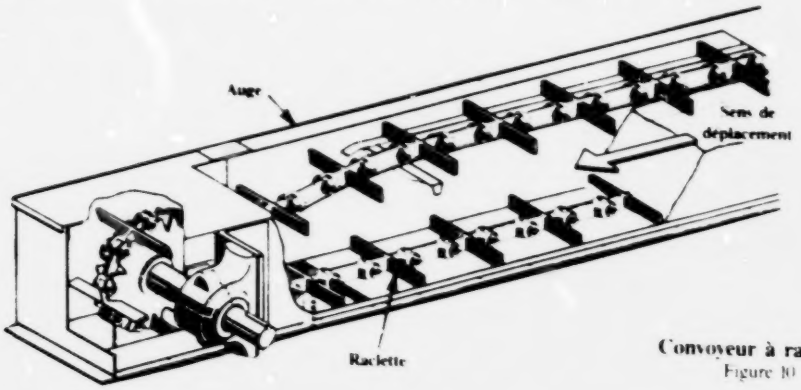
Élévateur à godets
Figure 8



Convoyeur à courroie en auge
Figure 9

- Sur les *convoyeurs à courroie en auge*, la courroie est moulée par des rouleaux ou des parois métalliques pour empêcher le produit de se déverser (figure 9). Il s'agit de l'un des systèmes de manutention en vrac les plus courants et il est utilisé dans plusieurs industries lourdes pour le transport du minerai, du sable, du gravier, du charbon et d'autres matières similaires. Le convoyeur à auges est idéal pour le déplacement de grandes quantités de produits sur de grandes distances. Les courroies anti-abrasives d'une très grande durabilité, souplesse et force ont été conçues pour répondre aux exigences des charges et de la puissance. Les coûts d'exploitation sont relativement élevés.

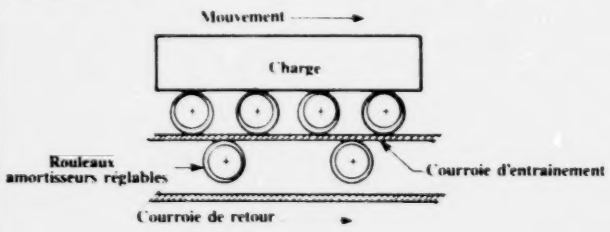
- Les *convoyeurs à palettes* transportent la charge à l'intérieur d'une auge fermée par l'entremise de palettes (pièces métalliques rectangulaires) raccordées à une ou plusieurs chaînes ou câbles à l'intérieur de l'auge (figure 10). La matière se déplace le long du fond de l'auge et est déchargée par des vannes de réglage. Certains systèmes horizontaux ou en plan incliné sont couramment utilisés pour les matières en vrac comme les clinkers de ciment et les engrais.
- Les *convoyeurs à raclettes* ressemblent aux convoyeurs à palettes, sauf que la raclette est spécialement formée pour l'application. Les convoyeurs à raclettes peuvent également transporter verticalement des matières sèches.



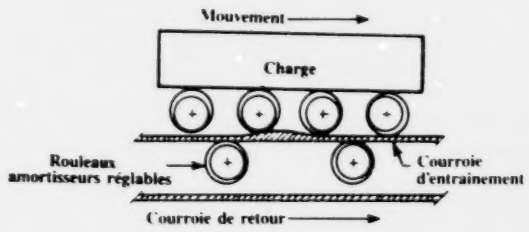
Convoyeur à raclettes
Figure 10

Convoyeurs à rouleaux d'entraînement

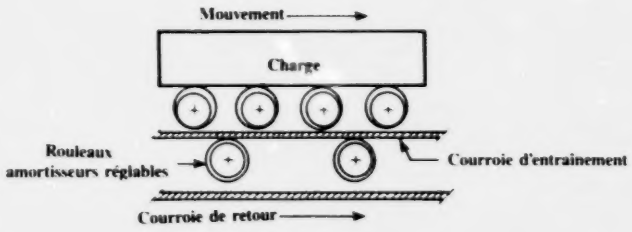
Les *convoyeurs à rouleaux d'entraînement* sont dotés de rouleaux transporteurs entraînés mécaniquement par en-dessous (figure 11). Le produit est transporté directement sur les rouleaux transporteurs entraînés par une courroie plate, en V, ou autre. Ces types de convoyeurs sont habituellement utilisés lorsqu'il doit y avoir une accumulation de produits entre des phases de procédé ayant un débit différent. Certaines méthodes de réglage de la force d'entraînement des rouleaux transporteurs ont été élaborées par les constructeurs pour minimiser la pression sur le produit accumulé.



Charge en mouvement
La courroie d'entraînement touche les rouleaux transporteurs par intermittence



Nouveau démarrage de la charge
La courroie d'entraînement touche de nouveau les rouleaux transporteurs

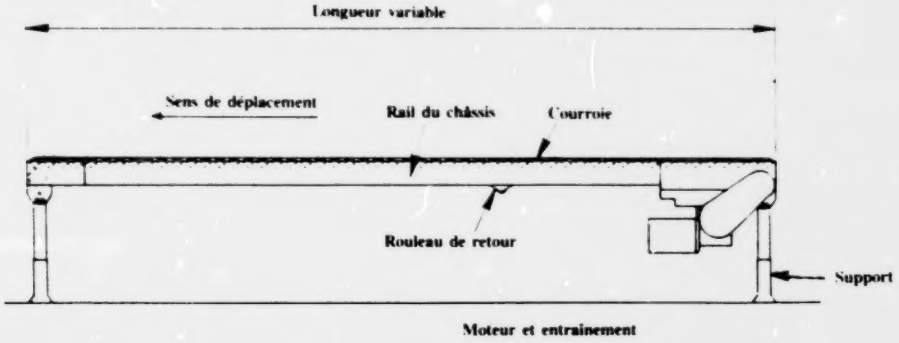


Charge arrêtée
La courroie d'entraînement ne touche pas les rouleaux transporteurs

Convoyeur à rouleaux d'entraînement
Figure 11

Convoyeurs de manutention de colis motorisés

On recommande l'utilisation de *convoyeurs motorisés* lorsque la distance de parcours et le volume du produit ne conviennent pas aux convoyeurs non motorisés (par gravité) (figure 12). L'usage des convoyeurs motorisés est très répandu à cause de leur souplesse d'emploi et de leur économie de main-d'oeuvre. Le concepteur du système doit examiner la possibilité de combiner des convoyeurs motorisés et par gravité ainsi que des goulottes, pour obtenir un système économique et efficace. Chaque convoyeur et système doit être conçu en fonction du produit à manipuler.



Convoyeur motorisé
Figure 12

Les *convoyeurs à courroie* comprennent un châssis, un entraînement, des tambours d'extrémité, des tendeurs et un lit de rouleaux ou de glissières entraîné par une bande transporteuse (figure 13). Il existe une variété de convoyeurs à courroie de largeurs et de longueurs différentes, ainsi que différents modèles de courroies et de surfaces pouvant être utilisés pour des applications horizontales, en plan incliné (vers le haut) ou décliné (vers le bas).

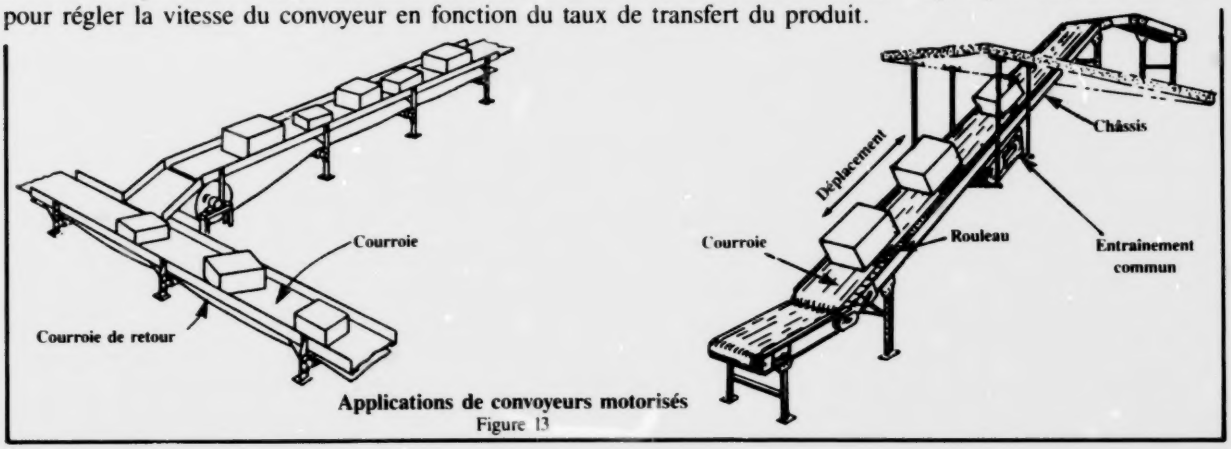
Sur le convoyeur à courroie le plus courant, la bande transporteuse est soutenue par des rouleaux espacés en fonction de la charge.

Il existe des courroies à surface rugueuse, à taquets ou à chevrons en fibres synthétiques ou naturelles pour le transport en plan incliné. La tension de la courroie se règle à l'aide d'une vis, par gravité, ou par des tendeurs à air comprimé. Les entraînements intègrent habituellement un moteur entraînant un réducteur monté sur arbre ou un réducteur d'accouplement qui fait tourner le tambour par le biais d'une chaîne ou d'une courroie en V. Le choix de l'entraînement et de son emplacement dépend de la conception du système.

Le convoyeur à courroie soutenu par des glissières (la courroie glisse sur un bac métallique lisse) est plus économique à l'achat et à l'entretien. Ce système exige toutefois une plus grande puissance à cause du frottement de la courroie contre les glissières. Ce type de système ne se prête qu'au transport de charges légères sur de courtes distances.

Lorsque l'espace est restreint, on peut envisager l'installation d'un moteur à tambour. Ce dernier intègre le moteur et le réducteur à l'intérieur de l'enveloppe du tambour selon un mode très compact.

Les entraînements peuvent comprendre des moteurs à réducteur (moteur et démultiplicateur combinés), des embrayages permettant des arrêts et des démarrages fréquents et des freins qui empêchent le glissement des rouleaux sur les convoyeurs inclinés. Des commandes de vitesse variable manuelles ou automatiques peuvent être utilisées pour régler la vitesse du convoyeur en fonction du taux de transfert du produit.



Applications de convoyeurs motorisés
Figure 13

Puissance d'alimentation

Pour calculer la puissance d'alimentation de l'entraînement d'un convoyeur à glissières ou à courroie, il faut déterminer certains paramètres:

- Charge vive totale (LL_T) : poids du produit sur le convoyeur (kg).
- Charge morte 1ère partie(DL_1) : poids de tous les rouleaux et du système de courroies (kg). Voir table 1.
- Charge morte 2e partie (DL_2) : poids de tous les tambours d'entraînement et rouleaux d'extrémité (kg). Voir table 1.
- Charge morte totale (DL_T) : $DL_1 + DL_2$ (kg)
- Tension de la courroie (BP) : force requise pour amorcer et maintenir le mouvement des rouleaux, des tambours, des courroies et de la charge vive (kg).

$$BP = (LL_T + DL_T) \times C_f$$

où C_f = coefficient de frottement

C_{fr} = 0,05 (convoyeurs à rouleaux)

C_{fs} = 0,30 (convoyeurs à glissières)

Si le convoyeur est incliné, la tension de la courroie est plus grande et cette valeur doit être ajoutée à la tension déjà calculée. La tension additionnelle basée sur l'angle d'inclinaison du convoyeur se calcule comme suit:

Tension additionnelle de la courroie (BP_A) = charge vive totale sur plan incliné x sinus de l'angle d'inclinaison (kg)

La table 2 donne les sinus pour divers angles d'inclinaison.

Il faut noter que pour les convoyeurs à plan décliné, on doit calculer la tension additionnelle de la courroie de la même façon. Les mêmes forces sont exercées sur un convoyeur à plan décliné que sur un convoyeur à plan incliné. Sur un convoyeur à plan décliné, le moteur doit résister la force et requiert presque la même puissance que celui à plan incliné.

On peut calculer la tension additionnelle de la courroie à l'aide des facteurs déjà déterminés.

Tension additionnelle de la courroie (BP_T) = $BP + BP_A$ (kg)

Pour calculer la tension utile de la courroie, on rajoute normalement 25% à la tension totale pour compenser la tension de la courroie ou de la chaîne et les pertes par frottement des rouleaux d'extrémité, des tendeurs et de l'entraînement.

Tension utile de la courroie (BP_E) = 1,25 x BP_T (kg)

On peut calculer la puissance d'alimentation de l'entraînement.

Puissance (kW) = BP_E x vitesse du convoyeur (m/s) x 0,0098

où 0,0098 = facteur qui convertit les chevaux-vapeur en kilowatts (conversion en unités courantes)

La feuille de travail 17-1 a été conçue pour aider le lecteur à calculer la puissance d'alimentation du convoyeur à courroie.

Prenons un convoyeur à glissières à plan incliné transportant un produit granulaire sec. On obtient les données suivantes au cours d'une analyse de diagnostic.

- Longueur du convoyeur 30 m
- Chargement sur le convoyeur 36 kg/m
- Vitesse du convoyeur (V_c) 0,508 m/s
- Largeur du convoyeur entre les châssis 0,84 m
- Angle d'inclinaison 20°

Après avoir inscrit ces renseignements sur la feuille de travail 17-1 et effectué les calculs appropriés, on obtient une puissance d'alimentation de 4,78 kW.

Caiculs pour connaître l'alimentation d'un convoyeur à courroie

Feuille de travail 17-1

Page 1 de 2

Entreprise: COMPAGNIE XYZ Date: FÉVRIER 1986

Endroit: ANYTOWN Par: MBE

N° de convoyeur: 4

Type de convoyeur: ____ à rouleaux ✓ à glissière ____ à rouleaux à service intense

Matière PRODUIT 123

Charge du convoyeur 36 kg/m

Longueur du convoyeur 30 m

Pour un convoyeur à rouleaux, distance centre à centre entre les rouleaux transporteurs N/A m

Largeur entre les châssis 0.84 m

Angle d'inclinaison (table 2) 20 °

Vitesse du convoyeur (Vc) 0.508 m/s

Coefficient de frottement 0.30

Charge vive totale LL_T = Charge vive (kg/m) x longueur du convoyeur (m)

= 36 x 30

= 1080 kg

Charge morte 1 (table 1) DL_1 = Charge morte (1ère partie) kg/m x longueur du convoyeur (m)

= 5.95 x 30

= 178.5 kg

Charge morte 2 (table 2) DL_2 = Charge morte (2e partie) kg

= 77.11 kg

Charge morte totale DL_T = DL_1 + DL_2

= 178.5 kg + 77.11 kg

= 255.61 kg

Calculs pour connaître l'alimentation d'un convoyeur à courroie

Feuille de travail 17-1

Page 2 de 2

Entreprise: COMPAGNIE XYZ Date: FÉVRIER 1986

Endroit: ANYTOWN Par: MBE

Tension de la courroie

$BP = (LL_T + DL_T) \times C_f$

$= (\underline{1080} + \underline{255.61}) \times \underline{0.30}$

$= \underline{1335.61} \times \underline{0.30}$

$= \underline{400.68}$ kg

Tension de la courroie
Inclinaison
(déclinaison)

BP_A = charge vive totale sur inclinaison (kg) x sinus de l'angle

$= \underline{1080} \times \underline{0.34}$

$= \underline{367.2}$ kg

$BP_E = (BP + BP_A) \times 1{,}25$

$= (\underline{400.68} + \underline{367.2}) \times 1{,}25$

$= \underline{959.85}$ kg

Alimentation $= BP_E \times V_c \times 0{,}0098$

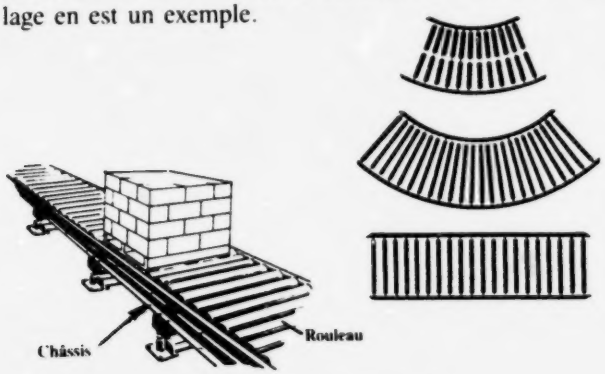
$= \underline{959.85} \times \underline{0.508} \times 0{,}0098$

$= \underline{4.78}$ kW

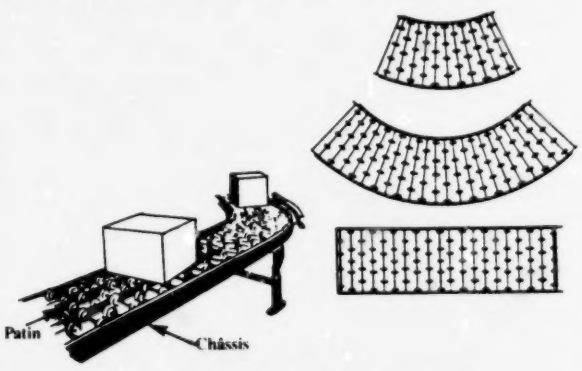
Convoyeurs non motorisés

Les *convoyeurs par gravité* consistent en des rouleaux (figure 14) ou des galets (figure 15) montés sur des axes et logés entre deux rails. Ils sont utilisés dans les entrepôts, les installations de distribution et de fabrication où il n'est ni rentable ni nécessaire d'installer des systèmes motorisés. Ces systèmes peuvent comprendre de légères sections portatives (habituellement en aluminium) ou de gros rouleaux lourds faisant partie d'une installation permanente. L'efficacité de ces convoyeurs est tellement grande, que les avantages de ces derniers devraient être soigneusement comparés à ceux des convoyeurs motorisés.

Pour un grand nombre d'activités d'expédition et de réception, beaucoup d'efforts manuels sont éliminés par l'usage d'une ou de deux sections de convoyeurs par gravité portatifs légers pour le chargement et le déchargement des camions. L'installation de ces sections dans les services de réception ou d'expédition d'une usine d'embouteillage en est un exemple.



Convoyeur non motorisé à rouleaux
Figure 14



Convoyeur non motorisé à patins
Figure 15

Contrôle et entretien des convoyeurs

L'aspect le plus important d'un programme efficace de manutention de matériaux est l'élaboration et l'application d'un programme d'entretien préventif. Un tel programme devrait être développé en fonction de l'équipement spécifique, basé sur les données fournies par le constructeur et l'expérience des utilisateurs. Une feuille d'entretien préventif type (table 3) est fournie pour guider le lecteur.

Certains facteurs comme les heures de service, l'environnement, le type de produit, le poids et la méthode de chargement affectent le rendement de l'équipement et la fréquence d'entretien. Voici quelques-unes des activités d'entretien de routine recommandées.

- Élaborer des méthodes d'inspection de routine.
- Déterminer la fréquence d'inspection idéale.
- Vérifier la tension des courroies et des chaînes et les régler au besoin.
- Élaborer des programmes de graissage de routine.
- S'assurer d'utiliser le type et la qualité appropriés de lubrifiant: un équipement fonctionnant à des températures ambiantes basses doit être graissé avec un lubrifiant fluide pour faciliter son fonctionnement. En revanche, un équipement qui fonctionne à des températures plus élevées (fours et sécheurs) doit être graissé avec un lubrifiant de haute qualité pour éviter le frottement excessif ou le blocage.
- Être attentif à tout grincement, crissement ou tout autre signe de mauvais graissage.
- Être en mesure de reconnaître une température d'équipement anormale indiquant une surcharge ou un frottement excessif.
- Élaborer des programmes de nettoyage de l'équipement.
- Élaborer des programmes de remise en état majeure pendant les fermetures de l'usine.
- Vérifier les composants et les réparer au besoin pour éviter les temps morts entraînés par les pannes d'équipement.
- Déceler les blocages ou les accrochages, le métal arraché ou plié, les boulons ou rivets dévissés ou autres sources de blocage.
- Déceler les signes de déversement.
- Identifier les zones qui exigent une plus grande surveillance pour empêcher les déversements et les blessures corporelles.

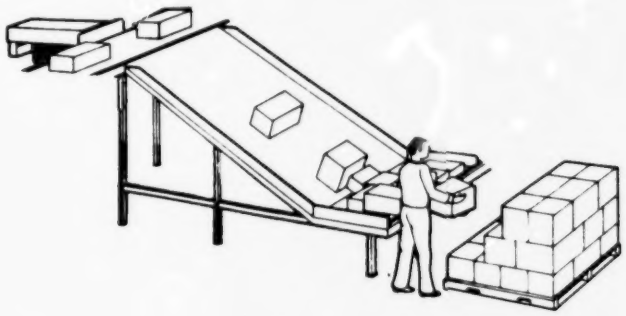
Goulottes et glacis

Les goulottes et les glacis sont en tôle, en plastique ou en fibre de verre. Ils sont efficaces et durables et se prêtent à un grand nombre d'applications dans la manutention en vrac et la manutention de colis.

Comme le transport des produits par *goulotte* (figure 16) s'effectue par gravité, il faut évaluer avec soin le mélange de produit, le taux d'humidité, le fini de la surface, l'angle de la pente et la longueur de parcours avant son installation.

Pour éliminer tout dommage causé aux colis, il faut bien analyser le produit à transporter, tout particulièrement lorsque le poids et le type d'emballage varient. On peut améliorer le rendement de la goulotte en enduisant la surface d'une matière plastique comme du teflon, ce qui réduit le frottement du produit contre la goulotte. Des rideaux ou d'autres dispositifs similaires peuvent également être utilisés pour ralentir la descente du produit et minimiser ainsi les dommages.

Pour économiser de l'espace et minimiser les coûts, on installe des goulottes spiralées simples ou doubles pour le transport des colis dans les édifices en hauteur.



Goulotte
Figure 16

Un *glacis* est une autre forme de goulotte dont l'usage est assez répandu dans les bureaux de poste et les services de vente par correspondance. Il s'agit d'une grande surface inclinée sur laquelle on entrepose des colis avant leur triage. Un convoyeur distribue ces derniers uniformément sur la surface à l'aide de portes ou de déflecteurs. Des cellules photo-électriques ou autres détecteurs similaires avertissent le personne s'il y a accumulation du produit.

L'installation des goulottes et des glacis est relativement économique et ceux-ci ne requièrent aucune forme d'énergie pour fonctionner.

Palans et grues

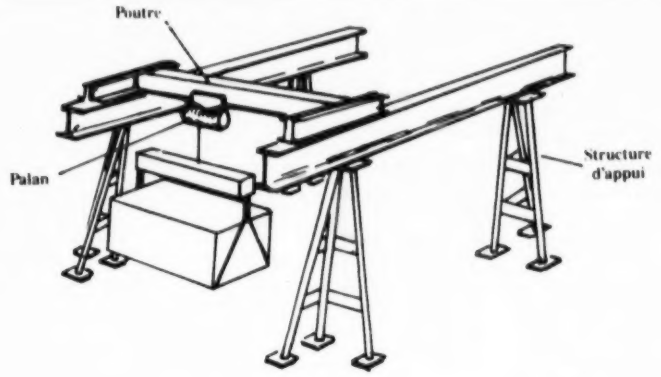
Les *palans* sont des appareils manuels, électriques ou à air comprimé installés en hauteur et utilisés pour élever ou descendre verticalement des charges. Ils sont utilisés pour une vaste gamme d'applications de levage et sont habituellement suspendus à un chariot roulant le long d'un rail fixé à une poutre en I.

Les *grues à flèche* sont des appareils à service léger qui permettent au palan de pivoter autour d'un point. Le palan peut être suspendu à un point fixe sur la flèche ou raccordé à un chariot se déplaçant horizontalement le long de la flèche et fournissant une force de levage réglable sous la surface de rotation de celle-ci.

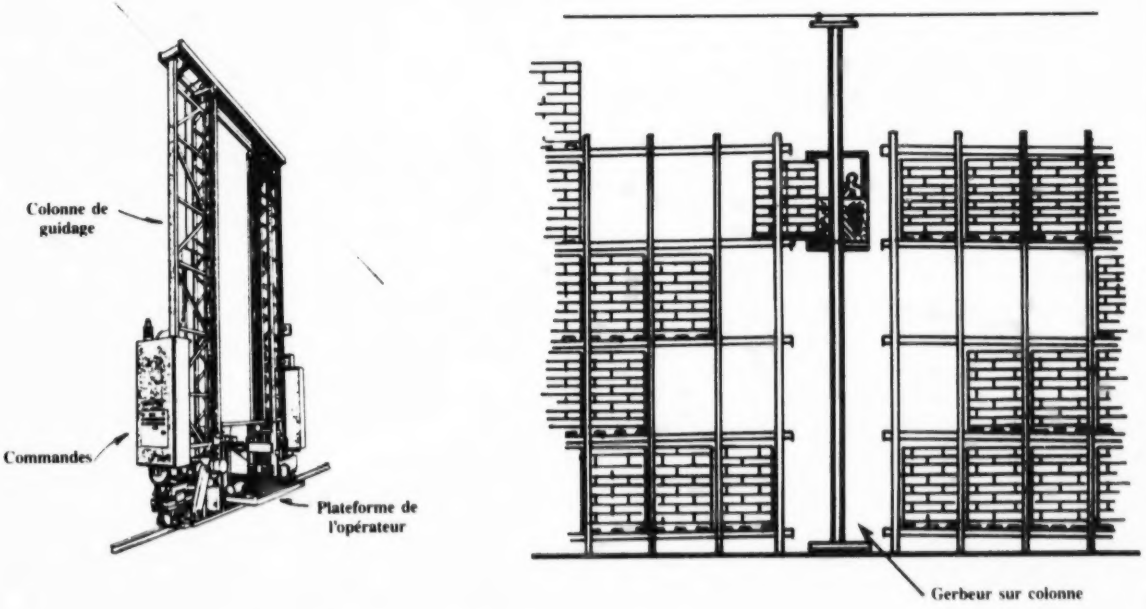
Les *ponts-roulants* peuvent être commandés du sol ou à partir d'une cabine et leur usage est très répandu pour le transport des matériaux lourds tels que les pièces de construction en acier, les grosses bobines d'acier ou les gros ensembles de tuyaux usinés (figure 17). Un palan soutenu par une structure aérienne (soit une poutre simple ou double) se déplace dans le bâtiment ou dans la cour et peut effectuer des mouvements perpendiculaires à la poutre d'appui.

Les *gerbeurs* sont idéaux pour l'empilage des produits dans des entrepôts de grandes dimensions où les passages sont étroits et la hauteur de stockage est très élevée (plus de 30 mètres) (figure 18). Ces grues peuvent être suspendues à une structure aérienne ou soutenues par un jeu de rails encastrés dans le plancher ou raccordés à des rails de stockage. Le mécanisme de transport est fixé à une colonne droite et assure un mouvement vertical et rotatif. Les gerbeurs peuvent porter un conducteur ou être commandés à distance par ordinateur. Depuis quelques années, l'usage de ces grues est de plus en plus répandu parce qu'elles permettent d'économiser de l'espace dans les entrepôts.

Les *grues à portique* sont des appareils à surface horizontale supportées qui assurent le levage de containers et le déchargement des navires. La grue peut se déplacer le long du débarcadère, d'un navire à l'autre. Le mécanisme de levage peut se déplacer à la verticale ou à l'horizontale pour transporter la charge de la cale du navire au débarcadère.



Pont-grue
Figure 17



Gerbeur
Figure 18

Chariots élévateurs

Il existe une vaste gamme de transpalettes à conducteur accompagné ou porté. Ces véhicules manuels ou alimentés par batterie sont utilisés pour déplacer des palettes en bois ou en métal.

Le *chariot élévateur à fourche* est l'un des appareils de manutention les plus versatiles et les plus couramment utilisés dans les usines et dans les cours. Ils sont offerts dans une vaste gamme de tailles et de capacités et peuvent être alimentés par batterie ou par moteur à combustion interne. De plus, plusieurs dispositifs peuvent y être adaptés pour la manutention de charges comme les rouleaux de papier journal, les barils et les rouleaux de tapis. Ce véhicule peut être alimenté par batterie rechargeable lorsque les gaz provenant d'un moteur à combustion interne peuvent présenter un danger pour le personnel. La batterie est habituellement rechargée à intervalles réguliers. On doit porter une attention spéciale à la conception des postes de charge des batteries pour s'assurer qu'ils satisfont aux normes de sécurité relatives à l'environnement et au code du travail.

On peut utiliser les tables 4, 5 et 6 et la feuille de travail 17-2 pour calculer et comparer le coût d'exploitation annuel total des chariots élévateurs à essence, à gaz de propane liquifié et électrique (batterie). Cette feuille de travail a été remplie pour une application type.

Comparaison entre le coût d'achat d'un élévateur et les coûts d'exploitation annuels

Feuille de travail 17-2

Entreprise: COMPAGNIE XYZ Date: FÉVRIER 1986

Endroit: ANYTOWN Par: MBE

Comparaison du coût en capital annuel d'un chariot élévateur				
Facteur		Moteur à gaz	Moteur au GPL	Moteur électrique
1 Marque et modèle du chariot		MODÈLE A	MODÈLE B	MODÈLE C
2 Prix total du chariot	$	21,500	21,950	23,900
3 Accumulateur*	$	N/A	N/A	5,786
4 Chargeur d'accumulateurs**	$	N/A	N/A	3,600
5 Coût total de l'équipement	$	21,500	21,950	33,286
6 Durée de vie de l'équipement (table 4)	ans	2½	3	4
7 Coût de l'équipement par année	$	8,600	7,317	8,322
Comparaison du coût annuel de consommation de combustible par quart d'un chariot élévateur				
8 Coût unitaire du combustible	$	0.25/LITRE	0.20/LITRE	0.05/KWh
9 Capacité du chariot élévateur	kg	1814	1814	1814
10 Consommation par quart (table 5)		24 LITRE	37.9 LITRE	30 Kwh
11 Coût du combustible par quart (8) x (10)		6.00	7.58	1.50
12 Nombre de jours de service par année		250	250	250
13 Coût annuel du combustible par quart	$	1,500	1,895	375
Comparaison du coût annuel d'entretien d'un chariot élévateur par quart				
14 Coût des matériaux (table 6)	$	715	625	609
15 Heures de main-d'oeuvre par année (table 6)	h	54	54	34
16 Coût de main-d'oeuvre par heure	$	16	16	16
17 Coût total de la main-d'oeuvre par année (16) x (15)	$	864	864	544
Comparaison du coût en capital et des coûts d'exploitation annuels d'un chariot élévateur				
I Coût annuel de l'équipement (7)	$	8,600	7,317	8,322
II Coût annuel du combustible par quart (13)	$	1,500	1,895	375
III Coût annuel d'entretien par quart				
(a) Matériaux (14)	$	715	625	609
(b) Main-d'oeuvre (17)	$	864	864	544
Total (IIIa +IIIb)	$	1,579	1,489	1,153
IV Coût annuel d'entretien et de combustible par quart (II + III)	$	3,079	3,384	1,528
V Nombre de quarts		3	3	3
VI Coût annuel d'entretien et de combustible (IV x V)	$	9,237	10,152	4,584
VII Coût d'exploitation total annuel (I + VI)	$	17,837	17,469	12,906

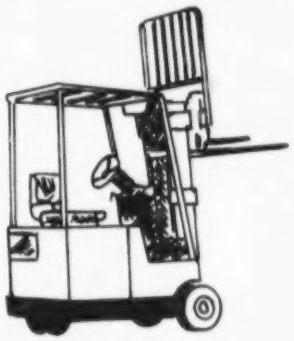
*Lorsqu'il s'agit d'un seul quart, indiquer le coût d'un accumulateur par chariot. S'il s'agit de deux ou trois quarts, indiquer le coût de deux accumulateurs par chariot.

**Pour une opération de un ou plusieurs quarts, indiquer le coût d'un chargeur d'accumulateurs par chariot.

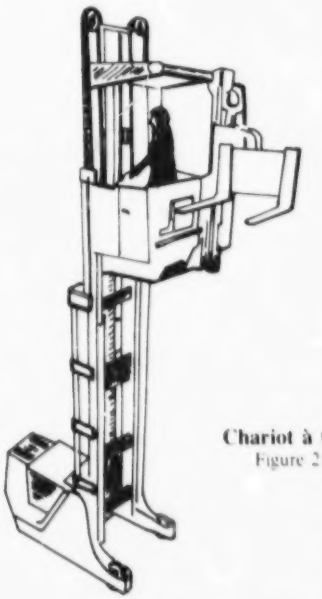
Voici la description des deux types de chariot élévateur à fourche les plus couramment utilisés.

- Le *chariot à contrepoids* est un appareil à conducteur assis reposant sur des pneus durs (de type coussinés) ou des pneumatiques (figure 19). Il transporte suffisamment de poids (véhicule et contrepoids) derrière le point d'appui pour contrebalancer la charge. Ces véhicules offrent une vaste gamme de capacités de transport et de hauteurs de levage, se déplacent à une bonne vitesse et se manoeuvrent facilement. Ils peuvent être utilisés à l'intérieur ou à l'extérieur.
- Le *chariot cavalier pour passages étroits* a été conçu pour augmenter le cubage d'un bâtiment et rendre l'exploitation de l'entrepôt et des zones de stokage plus efficace (figure 20). En effet, on augmente le cubage en créant des passages plus étroits et en elevant la hauteur de stockage. Ce type de véhicule est doté de stabilisateurs qui se prolongent vers l'avant, éliminant ainsi la longueur requise par un chariot à contrepoids. Grâce à cette caractéristique, combinée à la commande à conducteur debout, on obtient un véhicule beaucoup plus court que le chariot à contrepoids classique. On peut ainsi réduire la largeur des allées des entrepôts et des zones de stockage.

Le *chariot cavalier* ne peut s'approcher de trop près des casiers de stockage à cause des deux stabilisateurs. On a ainsi mis au point un mécanisme à ciseaux qui lui permet de tendre la charge vers l'avant alors que les ciseaux se referment. Certains véhicules peuvent fonctionner des deux côtés des passages étroits en pivotant la fourche de 180°. Il s'agit de *chariots élévateurs à tourelle* (figure 21) et le plus souvent, le conducteur monte et descend avec le chariot pour mieux voir la charge et mieux contrôler le véhicule.



Chariot élévateur à fourche à contrepoids
Figure 19

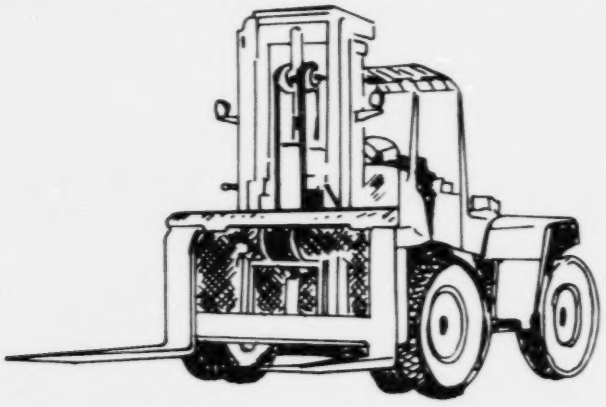


Chariot à tour
Figure 21

Chariot cavalier pour passages étroits
Figure 20

Chariots-grues à fourche

Les *chariots-grues à fourche à contrepoids* effectuent à peu près tous les travaux dans la cour. Ils sont alimentés par des moteurs à combustion interne ou électriques (figure 22) et sont habituellement équipés de pneumatiques et de transmissions hydrostatiques. Les véhicules de plus grande capacité sont souvent alimentés par des moteurs diesel.



Chariot-grue à fourche à contrepoids
Figure 22

Contrôle et entretien des chariots élévateurs

On peut réaliser des économies d'énergie avec les chariots élévateurs à fourche en suivant des méthodes d'entretien et de contrôle appropriées.

- Mettre en application un programme de formation à l'intention des conducteurs pour réduire la consommation d'énergie et le coût des réparations et des pièces de rechange. Dans le cadre de ce programme, l'opérateur apprendrait à utiliser l'équipement de manière appropriée, à connaître la fréquence de graissage, à déceler les problèmes imminents et à respecter les normes de sécurité. Les problèmes tels que le surchauffement, le manque de lubrification, les pneus à faible pression, la vitesse élevée d'un véhicule sur des surfaces accidentées et les départs et arrêts rapides excessifs de l'équipement seraient virtuellement éliminés.
- Élaborer et mettre en application des programmes d'entretien préventif. Il est recommandé de consulter les constructeurs d'équipements et d'obtenir des feuilles de contrôle d'entretien préventif pour les chariots élévateurs de l'entreprise.
- Garder à jour des relevés sur la consommation de combustible, les réparations, le temps d'arrêt pendant les heures de service, les achats de batteries et la fréquence de recharge de celles-ci.
- Charger les batteries pendant les périodes creuses pour éviter de payer les tarifs de pointe de la compagnie d'électricité.
- Utiliser des lubrifiants de qualité et de type et de viscosité appropriés.

En général, les véhicules à moteur à combustion interne sont utilisés avec plus de rudesse que les véhicules électriques parce qu'ils fonctionnent à des vitesses plus élevées, qu'ils ont une plus grande portée, qu'ils sont utilisés à l'intérieur et à l'extérieur et qu'ils manipulent une plus grande gamme de produits. Il est très important de bien utiliser ces véhicules pour contrôler les temps d'arrêt et les coûts d'entretien. La consommation et le coût du combustible sont fonction de la qualité de l'entretien et du mode d'utilisation.

Divers véhicules roulants

Il existe plusieurs autres types de véhicules roulants utilisés dans les installations industrielles, les bâtiments commerciaux et les immeubles de caractère public pouvant être considérés comme des équipements de manutention et de transport sur place des matériaux.

- Les *balais et brosses mécaniques* sont utilisés dans plusieurs installations pour le balayage. Ils sont conçus pour conducteur accompagnant ou porté, et sont à gaz propane, à essence ou à batterie rechargeable. Les balais mécaniques sont équipés de balais ou de brosses choisis pour une application particulière. Certains appareils utilisent des tampons à récurer ou des brosses mécaniques et des solutions de nettoyage. Cette solution est vaporisée puis enlevée du plancher avec la saleté à l'aide d'une éponge et d'un aspirateur. Des accessoires de balayage et de brossage peuvent être fixés sur le devant d'un chariot à fourche à contrepoids.

- Les *chariots tracteurs* consistent en des véhicules à trois ou à quatre roues à conducteur assis et sont utilisés pour remorquer des chariots ou des trains-chariots à l'intérieur d'installations comme les aéroports, les bureaux de poste et les entrepôts de distribution (figure 23). Ils sont alimentés par un moteur à combustion interne ou un moteur électrique à batterie et sont souvent combinés à un système de câbles de halage encastré dans le plancher pour transporter les charrettes ou les chariots-wagons au-delà de la portée du système de halage.
- La technologie des *systèmes de guidage de véhicules* a évolué au point où un véhicule guidé peut dévier de la voie de guidage sur une courte distance pour stocker ou retirer une charge. Des véhicules spéciaux peuvent être utilisés pour charger des chariots ou des palettes et exécuter d'autres activités de manutention. Ces systèmes gênent très peu le personnel et la circulation des véhicules.

La voie de guidage de la plupart des systèmes de guidage de véhicules est constituée d'un fil, quoique une voie optique est également utilisée lorsqu'il n'y a pas de problème de détection. La voie de guidage par fil consiste en un fil encastré dans le plancher: une bobine fixée au véhicule détecte le courant de fréquence fixe du fil et la direction est automatiquement corrigée pour maintenir le véhicule sur la piste.

Le système optique consiste en une piste peinte sur le plancher. Un régulateur, une source de lumière et une sonde guident la conduite du véhicule. Ce système de guidage se démonte et se remplace facilement; toutefois, il est très vulnérable à la poussière et à la saleté. Les systèmes de guidage optique ne sont donc utilisés que dans des locaux propres.

Chariot tracteur
Figure 23

Système de stockage et de retrait automatisé

Grâce aux ordinateurs, des *systèmes de stockage et de retrait automatisés* des centres d'entreposage et de distribution ont été mis au point. Ces systèmes sont équipés de matériel de manutention et de transport standard et fonctionnent avec un minimum de main-d'oeuvre sous la commande d'un ordinateur. Le produit peut être retiré des rampes de réception, identifié et trié, placé automatiquement dans les aires de stockage et retiré pour fins de distribution à l'aide d'un système informatisé.

Ces systèmes peuvent être utilisés dans des entrepôts classiques où le système de rangement est indépendant du bâtiment ou dans des entrepôts où les casiers soutiennent le bâtiment (système porteur). Ils améliorent le cubage puisque les passages peuvent être étroits et les hauteurs de stockage très élevées. Quoique la mise de fonds de ces systèmes soit élevée, ceux-ci consomment moins d'énergie et réduisent les coûts de main-d'oeuvre.

Monte-charges et ascenseurs

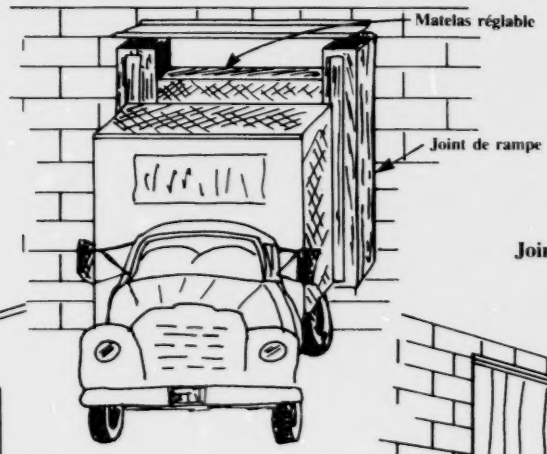
Les monte-charges et les ascenseurs transportent verticalement des matières et des gens dans les édifices en hauteur et les entrepôts à niveaux multiples. Ils consistent en une plate-forme close se déplaçant dans un puits et comprennent des portes, des dispositifs de sécurité et un mécanisme de levage (habituellement un moteur, un réducteur, un tambour et des câbles).

Un véhicule de levage hydraulique ou pneumatique court pourrait être utilisé pour le transfert d'un étage à l'autre de caisses de manutention ou de petits containers. Il consiste habituellement en des bras ou des plateaux alimentés et déchargés automatiquement par des convoyeurs. La caisse de manutention ou le petit container est automatiquement chargé, déplacé à la verticale puis déchargé.

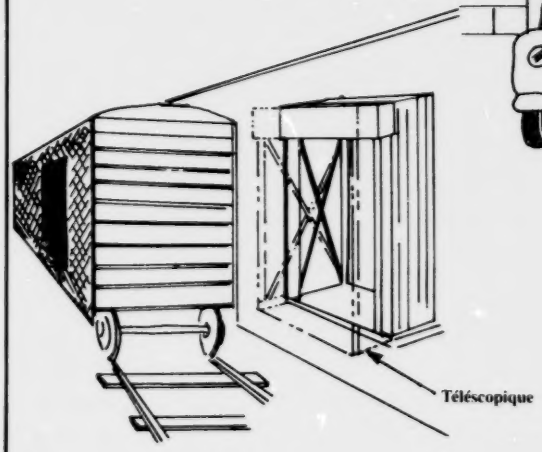
Joints de rampe, abris et portes à bandes souples

Pour le même nombre de positions de déchargement et de chargement, les aires de réception et d'expédition extérieures coûtent moins cher à construire que les aires intérieures. Toutefois, des risques de pertes de chaleur et des problèmes de confort surviennent lorsque le joint entre le véhicule et le bâtiment n'est pas étanche. Les joints de rampe, les abris de rampe et de rail et les portes à bandes souples peuvent remédier à la situation.

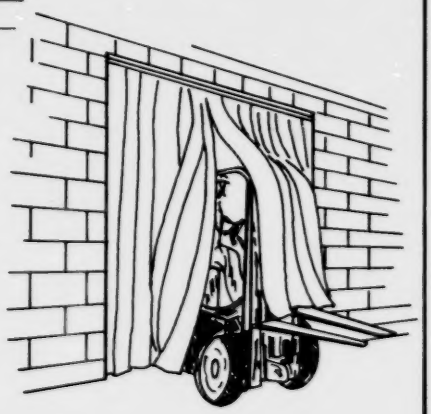
- Les *joints de rampe* consistent en des matelas de mousse installés le long des parties supérieures et latérales de la porte (figure 24). Les blocs de mousse sont habituellement fixés à un châssis en bois massif et recouverts de tissu comme du nylon enduit de vinyle, de l'hypalon ou du néoprène. Les camions reculent dans l'ouverture, touchent le joint et exercent une pression, ce qui réduit l'écart entre l'arrière du camion et la face du bâtiment. D'autres dispositifs similaires peuvent être utilisés, comme des matelas et des rideaux réglables qui améliorent le joint au-dessus de l'ouverture. On retrouve également des joints de rampe qui s'adaptent aux aires d'expédition et de réception en plan incliné où l'arrière du camion ou de la remorque n'est pas parallèle au mur.
- Les *abris de rampe* jouent le même rôle que les joints de rampe, sauf que l'étanchéité est assurée sur le côté et le dessus du véhicule plutôt qu'à l'arrière. On utilise des abris de rampe lorsque l'ouverture de la porte du bâtiment est beaucoup plus grande que le camion ou la remorque, ou lorsqu'il faut un accès pleine largeur à l'arrière du véhicule. Il existe des abris de rampe rigides, rétractables ou roulants et d'autres qui peuvent s'adapter aux installations en plan incliné.
- Les *abris de rail* ressemblent aux abris de rampe et consistent en un passage clos entre le wagon et le bâtiment par le prolongement de l'abri jusqu'aux parois du wagon (figure 25). Ils ressemblent aux abris de chargement d'aéronefs utilisés dans les aéroports pour protéger les passagers contre les intempéries à l'entrée et à la sortie de l'avion.
- Les *portes à bandes souples* sont conçues pour être utilisés à l'intérieur du bâtiment (figure 26). Il s'agit des bandes de vinyles ou de plastique transparent chevauchantes suspendues au-dessus d'une ouverture. Ces bandes permettent un contrôle efficace de l'environnement entre les différentes sections ou les différents services d'un bâtiment, assurent une excellente visibilité et facilitent le passage des piétons et des véhicules.



Joints de rampe
Figure 24



Abri de rail
Figure 25



Portes à bandes souples
Figure 26

POSSIBILITÉS DE GESTION DE L'ÉNERGIE

Les possibilités de gestion de l'énergie identifient différentes façons d'utiliser rationnellement l'énergie pour réduire les coûts d'exploitation. Dans le présent chapitre, plusieurs exemples de possibilités types sont donnés sous les rubriques Possibilités de maintenance, Possibilités d'amélioration de coût modique et Possibilités de rénovation. On n'énumère pas de façon exhaustive toutes les possibilités d'économie disponibles pour l'équipement de manutention et de transport sur place des matériaux. Le chapitre est destiné à stimuler la vigilance du personnel de gestion, d'exploitation et d'entretien dans la recherche de toutes les possibilités qu'offre une installation. On accorde souvent beaucoup d'importance à l'utilité d'un équipement, sans tenir compte de sa consommation énergétique, ce qui rend difficile la prise de conscience des possibilités de gestion de l'énergie. Certaines possibilités d'économie d'énergie ne compromettent en rien le rendement des équipements; ces principes devraient être constamment rappelés jusqu'à ce qu'ils deviennent partie intégrante des activités quotidiennes. Les possibilités de gestion de l'énergie applicables à d'autres types d'équipements et de systèmes sont décrites en détails dans d'autres modules de cette même série.

Possibilités de maintenance

Les possibilités de maintenance sont des initiatives d'économie d'énergie exécutées de façon périodique, au moins une fois par année. Les exemples suivants sont des possibilités d'économie d'énergie types. Quoique, dans plusieurs cas, les économies d'énergie et d'argent pour chaque mesure ne soient pas élevées, le montant peut devenir important lorsque les économies sont accumulées.

1. S'assurer que tout le personnel connaît bien les objectifs des possibilités d'économie de maintenance.
2. Bien identifier les allées pour qu'elles restent dégagées.
3. Garder libres les zones de fabrication.
4. Arrêter les moteurs de l'équipement lorsqu'il n'est pas utilisé.
5. Garder les portes d'expédition et de réception fermées lorsqu'elles ne sont pas utilisées, tout particulièrement par temps froid ou rigoureux, afin de maintenir la température ambiante du bâtiment.
6. Réviser un horaire de réception des marchandises pour éviter une exposition prolongée à l'extérieur par temps froid. Cela réduira la quantité de produits froids admis dans l'installation.
7. Réviser les calendriers pour réduire la charge par à-coup sur l'équipement de manutention des matériaux.
8. Réviser l'ordonnancement pour évaluer la possibilité de réduire les heures de service de l'équipement.
9. Élaborer des programmes de vérification de l'équipement et d'entretien préventif comme ceux décrits à la section «Appareillage».

Exemples concrets de maintenance

1. Vigilance du personnel à l'égard des objectifs de gestion de l'énergie.

Plusieurs possibilités de gestion de l'énergie pour l'entretien peuvent être facilement décelées par des employés sensibles aux principes de gestion de l'énergie. Le fonctionnement de convoyeurs sans charge, laisser tourner inutilement les moteurs de chariots élévateurs à fourche, des portes d'expédition et de réception mal fermées lorsqu'elles ne sont pas utilisées, des allées partiellement bloquées et des roues endommagées sur des véhicules motorisés ou remorqués entraînent une consommation excessive d'énergie et augmentent les coûts énergétiques.

2. Bien identifier les allées et les garder libres.

Lorsque les allées ne sont pas bien marquées, les employés ont tendance à entreposer temporairement des matériaux dans les passages. Les véhicules circulant à l'intérieur de l'usine doivent alors attendre jusqu'à ce que l'allée soit libérée ou trouver d'autres routes, possiblement plus longues, ce qui entraîne une consommation énergétique et des coûts additionnels.

Prenons par exemple une installation industrielle dans laquelle les allées ne sont jamais libres. À cause de l'embouteillage, en moyenne deux heures de fonctionnement de chariot élévateur par quart sont gaspillées. Pendant ce temps, les chariots élévateurs sont arrêtés inutilement jusqu'à ce que la voie soit libérée. Les véhicules sont des engins à essence d'une capacité de 1 814 kg consommant 24 litres de combustible par quart. Nous pouvons estimer qu'un chariot élévateur au repos consomme 20% du taux de service du combustible. On peut calculer le gaspillage de combustible par quart comme suit:

$$\text{Combustible gaspillé} = 24 \text{ L/quart} \times \frac{2 \text{ h}}{8 \text{ h/quart}} \times 20\%$$

$$= 1.2 \text{ L/quart}$$

Sachant que le combustible coûte 0,25$ par litre et que l'installation fonctionne avec 3 quarts par jour, 5 jours sur 7, 50 semaines par année, on peut calculer le coût annuel du combustible pendant le temps mort.

$$\text{Coût du combustible} = 1,2 \text{ L/quart} \times 3 \text{ quarts/jour} \times 5 \text{ jours/sem.} \times 50 \text{ sem./an} \times 0,25\$/\text{L}$$

$$= 225\$ \text{ par année}$$

En plus d'économiser ce montant par année, le chariot élévateur serait disponible pour effectuer deux heures additionnelles par jour de travail productif.

3. Garder libres les zones de fabrication

Dans plusieurs usines, la matière à traiter est déplacée par un équipement de transport d'un poste de travail à un autre et est stockée près de celui-ci. Lorsque les zones de fabrication sont dégagées, les employés peuvent prendre le chemin le plus court, réduisant ainsi le temps d'attente nécessaire pour libérer les routes. On obtient des économies d'énergie comme celles démontrées dans l'exemple précédent.

4. Arrêter les moteurs de l'équipement non utilisé.

Lors de l'analyse au passage d'une installation, on a remarqué qu'un convoyeur à courroie horizontale de 61 mètres de long utilisé pour le transport du produit fini à la zone d'emballage fonctionnait continuellement, même si le service de la production était fermé de 20 à 8 h. Pendant toute cette période, le convoyeur était vide. Le convoyeur fonctionnait ainsi 5 jours sur 7, 50 semaines par année pour un total annuel de 3 000 heures. On pourrait réaliser d'autres économies en arrêtant le convoyeur pendant les périodes creuses, y compris durant le dîner et les pauses-café.

- Les renseigments suivants ont été obtenus après une analyse de diagnostic:

Longueur du convoyeur	61 m
Largeur entre les châssis	1 m
Distance centre à centre entre les rouleaux transporteurs	0,152 m
Vitesse de la courroie	0,508 m/s

- Les renseignements suivants ont été obtenus à partir de la table 1.

Poids de la courroie et des rouleaux	20,53 kg/m
Poids des ensembles d'entraînement et d'extrémité	90,72 kg
Coefficient de frottement	0,05

- On connaît les données suivantes.

Poids du produit sur le convoyeur	0 kg
Angle d'inclinaison	0 (le convoyeur est horizontal)

À l'aide de la feuille de travail 17-1, on obtient une puissance d'alimentation de 0,42 kW pour le fonctionnement du convoyeur durant la période creuse de 20 à 8 h.

À un coût de 0,05$/kWh, on obtient, si le convoyeur est arrêté, des économies annuelles de:

Économies annuelles = kW x $/kWh x h

= 0,42 x 0,05 x 3 000

= 63$/an

Comme le convoyeur peut être manuellement arrêté à 20 h et démarré à 8 h, aucun investissement n'est requis pour modifier le système.

Les économies ne sont pas très importantes certes, mais elles peuvent entraîner d'autres économies au sein de la même installation. En effet, grâce à la réduction des heures de service du convoyeur, celui-ci aura une plus longue durée de vie et nécessitera moins d'entretien.

5. Garder les portes fermées.

Par temps froid, les portes devraient rester fermées pour maintenir la température ambiante du bâtiment. Des portes mal fermées vont entrainer une baisse de la température interne du bâtiment ce qui, par conséquent, demandera de l'énergie additionnelle pour maintenir l'aire de travail à des niveaux de température acceptables.

Pour obtenir plus de renseignements sur ce sujet, ainsi que des feuilles de travail pour calculer les taux d'infiltration et d'exfiltration, se référer au module 18 intitulé «Point de vue architectural».

6. Réviser l'horaire de réception des marchandises.

Il faut réviser l'horaire de réception pour s'assurer que les marchandises reçues à l'installation sont déchargées le plus tôt possible. Elles ne doivent pas être laissées dans le camion garé dans la cour pour refroidir à la température ambiante, tout particulièrement en hiver. En effet, si ces matières refroidissent à la température extérieure pour être ensuite entreposées dans l'installation, une quantité supplémentaire d'énergie sera requise pour les réchauffer.

Prenons par exemple une installation qui reçoit périodiquement des expéditions de papier de 5 000 kg d'un entrepôt maintenu à une température ambiante de 20°C. Comme aucun horaire de réception précis n'a été établi dans cette installation, le papier reste dans le camion garé dans la cour de réception jusqu'à ce qu'on en ait besoin. Pendant l'hiver, la température moyenne du papier tombe à 0°C. Le matériel est ensuite chargé dans l'installation où la température ambiante est maintenue à 21°C. La chaleur massique du papier est de 1,89 kJ/(kg.°C). Il faut de la chaleur additionnelle pour élever la température du papier de 0 à 21°C.

Chaleur requise = poids du papier x chaleur massique x élévation de température

= 5 000 kg x 1,89 kJ/(kg·°C) x 21°C

= 198 450 kJ

ou 198,45 MJ

En se basant sur un coût de 0,05$/kWh pour le chauffage électrique, on peut calculer le coût de réchauffage du papier comme suit:

$$\text{Coût énergétique additionnel} = \frac{198{,}45 \times 0{,}05}{3{,}6}$$

= 2,76$ par charge

$$\text{où 1 MJ} = \frac{1}{3{,}6} \text{ kWh}$$

Si le papier est reçu deux fois par mois pendant les quatre mois les plus froids de l'année, le coût de chauffage additionnel se calcule comme suit:

Coût de chauffage additionnel = 2,76$/charge x 2 charges/mois x 4 mois/an

= 22,08$ par année

Ce coût peut sembler minime; toutefois, si la même situation survient pour une variété de produits, les coûts additionnels de chauffage peuvent devenir très importants.

7. Réviser les calendriers pour réduire la charge par à-coups

Dans plusieurs installations, on ne tient pas assez compte de l'équilibre des calendriers de production. En effet, l'équipement est choisi en fonction des périodes de pointe de production et non des périodes de production normales. Par conséquent, on fait l'acquisition d'équipements et de systèmes dont la capacité est trop grande pour l'application, ce qui augmente la consommation énergétique et les charges de pointes. Pour connaître plus en détail les charges électriques, se référer au module 3 intitulé «Électricité»

8. Réviser l'ordonnancement pour réduire les heures de service de l'équipement.

Dans plusieurs installations, de l'équipement comme des réservoirs mélangeurs dotés d'agitateurs électriques ne sont pas utilisés à pleine capacité. Par exemple, bien qu'un récipient équipé d'un agitateur puisse avoir une capacité de mélange de 2 000 kg, on y mélange que des lots de 1 000 kg à la fois. Si la quantité quotidienne de matière mélangée est fixe et que le temps de mélange d'un lot de 1 000 kg est égal au trois quarts du temps de mélange d'un lot de 2 000 kg, il y a possibilité d'économiser de l'énergie.

Prenons une installation qui doit mélanger 10 000 kg de matière par jour. Le temps de mélange d'un lot de 2 000 kg est d'une heure alors qu'un lot de 1 000 kg requiert 45 minutes. Le mélangeur comprend un moteur de 10 kW. L'installation fonctionne 250 jours par année.

$$\text{Temps de mélange annuel pour lots de 2 000 kg} = \frac{10\,000\ \text{kg/jour}}{2\,000\ \text{kg/lot}} \times 250\ \text{jours/an} \times 1\text{h/lot}$$

$$= 1\,250\ \text{h/an}$$

$$\text{Temps de mélange annuel pour lots de 1 000 kg} = \frac{10\,000\ \text{kg/jour}}{1\,000\ \text{kg/lot}} \times 250\ \text{jours/an} \times \frac{45\ \text{min/lot}}{60\ \text{min/h}}$$

$$= 1\,875\ \text{h/an}$$

Puissance d'alimentation annuelle pour lots de 2 000 kg = 1 250 h/an x 10 kW

= 12 500 kWh/an

Puissance d'alimentation annuelle pour lots de 1 000 kg = 1 875 h/an x 10 kW

= 18 750 kWh/an

Économies annuelles en énergie = 18 750 − 12 500

= 6 250 kWh/an

Sachant que l'électricité coûte 0,05$/kWh, on peut calculer les économies annuelles.

Économies annuelles = 6 250 kWh/an x 0,05$/kWh

= 312,50$/an

9. Élaborer des programmes de vérification de l'équipement et d'entretien préventif.

Des programmes de vérification de l'équipement et d'entretien préventif peuvent augmenter le temps de service de l'équipement et réduire les coûts énergétiques. Des roues endommagées sur de l'équipement roulant, des paliers endommagés sur des convoyeurs, des ficelles ou d'autres corps étrangers enveloppés autour des arbres rotatifs, un système de courroies de convoyeur endommagé, l'absence de graissage ou un mauvais graissage ne sont que quelques facteurs qui augmentent le frottement et exigent de l'énergie additionnelle pour compenser ce frottement. Cette énergie additionnelle gaspille de l'argent.

Possibilités d'amélioration de coût modique

Les possibilités d'amélioration de coût modique sont des initiatives de gestion de l'énergie réalisées en une seule fois et dont le coût n'est pas élevé. La différence entre les possibilités d'économie d'énergie de coût modique et de rénovation permet de classer les projets selon leur coût. Cette classification sera différente pour chaque entreprise. Voici quelques exemples concrets de possibilités d'amélioration de coût modique.

1. Installer des dispositifs automatiques comme des cellules photo-électriques, des interrupteurs de fin de course, des minuteries et des interrupteurs de proximité sur l'équipement de manutention des matériaux pour arrêter l'équipement lorsqu'il n'est pas utilisé.
2. Ralentir les convoyeurs motorisés pour réduire la puissance d'alimentation.
3. Isoler les enceintes de convoyeurs installées à l'extérieur et exposées aux intempéries lorsque le produit transporté doit être maintenu à une température précise (éviter par exemple le réchauffage ou le refroidissement).
4. Réparer ou remplacer les joints de rampe, les abris ou les portes à bandes souples endommagés pour réduire l'infiltration et l'exfiltration de l'air.
5. Installer des boucliers métalliques, des rideaux ou des portes à bandes souples aux endroits où les convoyeurs ou autres équipements entrent et sortent des sections de bâtiment de températures différentes.
6. Installer un système de contrôle de monoxyde de carbone dans les aires intérieures d'expédition et de réception pour que les ventilateurs d'extraction ne démarrent que lorsque les concentrations de monoxyde de carbone atteignent un niveau de sécurité prédéterminé.
7. S'assurer que les matières en cours de traitement et stockées sont placées près des aires achalandées pour réduire le temps de manutention et la distance de parcours.
8. Remplacer les palans à air comprimé par des palans électriques ou manuels.
9. Ne pas acheter des chariots élévateurs de trop grande capacité.
10. Réviser l'équipement et les méthodes de manutention des matériaux.
11. Réviser les méthodes de manutention, de collecte et de déchargement des rebuts.

Exemples concrets de possibilités d'amélioration de coût modique

1. Installer des dispositifs d'arrêt automatiques.

Lors d'une analyse au passage, on a remarqué qu'un agitateur électrique raccordé à un moteur de 10 kW fonctionnait lorsque le réservoir mélangeur était vide. On a également constaté que l'agitateur fonctionnait 16 heures par jour, 50 semaines par année. D'après une analyse de diagnostic, le réservoir mélangeur était vide 8 heures par jour, du lundi au vendredi et 24 heures par jour les fins de semaine. Le coût de l'électricité était de 0,05$/kWh.

Total des heures de service = 16 x 7 x 50

= 5 600 h/an

On peut calculer la réduction des heures de service de l'agitateur si celui-ci est arrêté lorsque le réservoir est vide.

Réduction = (8 x 5 x 50) + (16 x 2 x 50)

= 2 000 + 1 600

= 3 600 h/an

Économie d'énergie = 3 600 x 10

= 36 000 kWh/an

Économie d'argent = 36 000 x 0,05$

= 1 800$/an

On a décidé d'installer un interrupteur de niveau dans le réservoir mélangeur pour arrêter automatiquement l'agitateur lorsque le réservoir est vide. Le coût d'installation de l'interrupteur de niveau et du régulateur était de 2 000$.

$$\text{Période de rentabilité} = \frac{2\,000\$}{1\,800\$}$$

=1,11 an

En plus d'économiser de l'énergie, comme l'agitateur fonctionne moins souvent et moins longtemps, l'entretien sera réduit et la durée de vie sera prolongée.

2. Ralentir l'équipement motorisé.

Dans la section «Appareillage» du présent module, on donne une équation qui permet de calculer la puissance d'alimentation d'un convoyeur à courroie à rouleaux, à glissières ou à service intense. Comme on peut le constater, toute réduction de vitesse du convoyeur, pour tout convoyeur fonctionnant avec une charge constante, entraîne une réduction de la puissance d'alimentation et par conséquent, économise de l'argent.

On peut utiliser la feuille de travail 17-1 pour calculer la tension utile de la courroie et la puissance d'alimentation pour différentes vitesses.

3. Isoler les enceintes de convoyeurs.

Lors d'une analyse au passage, on a remarqué que la matière préchauffée refroidissait pendant son transport entre deux bâtiments sur un convoyeur se déplaçant à travers un tunnel non isolé. Il fallait alors réchauffer de nouveau la matière pour qu'elle atteigne la bonne température de traitement. La matière transportée était du sable dont la chaleur massique est de 0,796 kJ/(kg.°C). Le débit était de 9 000 kg/h et la chute de température moyenne pendant les 4 mois d'hiver était de 15°C. L'installation fonctionnait 120 heures par semaine, l'année durant.

Énergie perdue (produit) = 9 000 kg/h x 120 h/sem. x 4 sem./mois x 4 mois/an x 0,796 kJ/(kg·°C) x 15°C

= 206 323 200 kJ

ou 206 323,2 MJ

Sachant que l'énergie était fournie par des plinthes électriques et que le coût de l'électricité était de 0,05$/kWh, on peut calculer le coût additionnel de l'énergie.

$$\text{Coût} = 206\,323{,}2 \text{ MJ} \times \frac{1 \text{ kWh}}{3{,}6 \text{ MJ}} \times 0{,}05\$/\text{kWh}$$

= 2 865,60$ par année

Si, en isolant le tunnel de convoyeur, la chute de température était réduite à 5°C, on obtiendrait une réduction de chauffage comme suit:

Énergie perdue (produit) = 9 000 kg/h x 120 h/sem. x 4 mois/an x 4 sem./mois x 0,796 kJ/(kg.°C) x 5°C

= 68 774 400 kJ

ou 68 774,4 MJ

$$\text{Coût} = 68\,774{,}4 \text{ MJ} \times \frac{1 \text{ kWh}}{3{,}6 \text{ MJ}} \times 0{,}05\$/\text{kWh}$$

= 955,20$ par année

Économie entraînée par l'isolation du tunnel = 2 865,60$ − 955,20$

= 1 910,40$ par année

On a évalué le coût d'achat et d'installation de l'isolant du tunnel de convoyeur à 4 000$.

$$\text{Période de rentabilité} = \frac{4\,000\$}{1\,910{,}40\$}$$

$$= 2{,}09 \text{ ans}$$

4. Réparer ou remplacer les joints de rampe, les abris et les portes à bandes souples endommagés.

Comme nous l'avons mentionné dans la section «Appareillage», les joints de rampe, les abris ou les portes à bandes souples sont utilisés pour réduire les infiltrations et les exfiltrations de l'air, tout particulièrement aux rampes de réception et d'expédition. Si ces dispositifs sont endommagés ou manquants, il y a perte d'air et le bâtiment consomme plus d'énergie pour maintenir sa température à un niveau acceptable. Pour de plus amples renseignements sur les taux d'infiltration et d'exfiltration, se référer au module 18 intitulé «Point de vue architectural».

5. Installer des boucliers métalliques, des rideaux ou des portes à bandes souples.

Dans plusieurs installations, on utilise des convoyeurs pour transporter le produit fini de l'usine à l'entrepôt. De plus, la température de la zone d'entreposage est souvent inférieure à celle de l'usine et les deux sections sont séparées par un mur.

Si le convoyeur passe à travers le mur, de l'énergie thermique s'écoule de l'usine à l'entrepôt et il faut plus d'énergie pour maintenir l'usine à la température requise. L'installation d'un bouclier métallique, d'un rideau ou d'une porte à bandes souples dans l'ouverture du mur réduit cet écoulement et économise de l'argent. On peut se procurer des feuilles de travail pour calculer les infiltrations et les exfiltrations dans le module 18 intitulé «Point de vue architectural».

6. Installer un système de contrôle de monoxyde de carbone.

Plusieurs usines et entrepôts dont les aires d'expédition et de réception sont intérieures, utilisent des ventilateurs d'extraction pour évacuer le monoxyde de carbone. Ces ventilateurs fonctionnent souvent même lorsque l'usine est fermée. Ils extraient l'énergie thermique de l'installation et on doit consommer plus d'énergie pour maintenir l'aire de travail à un niveau acceptable.

On devrait étudier la possibilité d'installer un système de contrôle de monoxyde de carbone qui ne ferait démarrer les ventilateurs d'extraction qu'au besoin. Lors du fonctionnement de ces derniers, l'air chaud extrait pourrait être utilisé pour préchauffer l'air frais d'appoint.

7. Réviser l'emplacement de l'aire de stockage des matières.

Suite à l'agrandissement d'une installation, à l'ajout ou au nouvel emplacement d'un équipement ou aux modifications apportées à des méthodes de fabrication, la matière en cours de traitement n'est pas toujours entreposée près de sa zone de fabrication respective. Si l'aménagement des installations et le mouvement des matières à l'intérieur de l'usine étaient révisés annuellement, ces facteurs seraient relevés, une réduction du temps de transport et des distances de parcours s'en suivrait et on économiserait de l'énergie.

8. Remplacer les palans à air comprimé par des palans électriques ou manuels.

Les palans électriques consomment moins d'énergie que les palans à air comprimé de même capacité puisque l'air comprimé doit être fourni par un compresseur. Les pertes sont entraînées par le système de distribution qui transporte l'air du compresseur au point de service. Pour de plus amples détails sur les systèmes à air comprimé, se référer au module 12 intitulé «Systèmes de distribution d'eau et d'air comprimé».

Un palan électrique convertit l'électricité en force de levage mécanique. Les pertes du moteur et de l'entraînement associées à cette conversion sont habituellement inférieures aux pertes du compresseur et du réseau de tuyauteries de distribution.

On doit étudier chaque application individuellement. Si l'on peut facilement s'approvisionner en air comprimé au sein de l'installation, ou s'il y a risque d'explosion dans une zone précise, il peut être avantageux d'utiliser un palan à air comprimé. Toutefois, si l'on doit acheter un compresseur de plus grande capacité pour faire fonctionner un palan à air comprimé, on recommande l'utilisation d'un palan électrique.

Les petites installations et les opérations intermittentes devraient faire l'objet d'une étude afin de déterminer les avantages que pourraient procurer des palans manuels.

9. Ne pas acheter de chariots élévateurs de trop grande capacité.

Les chariots élévateurs devraient être achetés et utilisés en fonction des besoins en levage. On recommande de réviser la charge de chaque chariot élévateur de l'installation avant d'envisager l'achat d'autres chariots élévateurs. Ceux-ci ne doivent être utilisés que pour effectuer les travaux pour lesquels ils ont été conçus.

Prenons par exemple une application de chariot élévateur exigeant une capacité de levage de 1 500 kg et pour laquelle on utilise un chariot d'une capacité de 2 722 kg. Ce dernier est à moteur électrique et fonctionne trois quarts par jour, 250 jours par année.

À partir de la table 4, on a pu déterminer que l'électricité requise pour un chariot élévateur de 1 814 kg varie de 25 à 35 kWh par quart. Si l'on utilise un chariot élévateur de 2 722 kg, celui-ci demande 30 à 40 kWh/quart. On obtient une économie nette de 5 kWh/quart. Le coût additionel de l'électricité pour un véhicule de plus grande capacité peut être calculé comme suit, sachant que l'électricité coûte 0,05$/kWh.

Coût additionnel de l'électricité = 5 kWh x 3 quarts/jour x 250 jours/an x 0,05$/kWh

= 187,50$ par année

En plus de coûter plus cher en électricité, ce véhicule coûtera également plus cher d'entretien. Selon la table 5, on note que le coût de maintenance annuel approximatif par quart pour un chariot de 1 814 kg serait de 609$ plus 34 heures de main-d'oeuvre par quart alors que pour un chariot de 2 722 kg, le coût annuel de maintenance serait de 717$ plus 41 heures de main-d'oeuvre par quart.

En se basant sur trois quarts de travail.

Augmentation du coût d'entretien = 3(717$ − 609) + 3(41 − 34)

= 324$ + 21 heures de main d'oeuvre

Sachant que le taux de main-d'oeuvre est de 15$ par heure, on obtient:

Augmentation du coût d'entretien = 324$ + (21 x 15$)

= 304$ + 315$

= 639$ par année

Il est aussi à remarquer que le coût d'achat d'un chariot élévateur de plus grande capacité est plus élevé.

10. Réviser l'équipement et les méthodes de manutention des matériaux.

Lors de la planification de l'agrandissement d'une installation, on a remarqué qu'en apportant des modifications mineures à la disposition de l'équipement de l'installation existante, on pouvait améliorer le mouvement des matières jusqu'à la zone d'inspection finale. En relocalisant cinq pièces d'équipement, on pouvait éliminer deux convoyeurs à courroie fonctionnant à pleine charge 50% du temps. Chacun de ces convoyeurs était alimenté par un moteur de 7,5 kW qui fonctionnait 6 000 heures par année. Le coût de l'électricité était de 0,05$/kWh. Le nouvel aménagement entraînerait les économies d'énergie suivantes:

Économie d'énergie = nombre de moteurs x kW/moteur x total des heures de service x coût de l'électricité x facteur d'utilisation

= 2 x 7,5 kW x 6 000 h/an x 0,05$/kWh x 0,5

= 2 250$/an

On a évalué le coût de la relocalisation de l'équipement de production à 6 000$.

$$\text{Période de rentabilité} = \frac{6\,000\$}{2\,250\$}$$

= 2,67 ans

L'élimination de ces convoyeurs réduirait en outre le coût de l'entretien et celui des pièces de rechange. De plus, les deux convoyeurs pourraient être utilisés ailleurs.

11. Réviser les méthodes de manutention, de collecte et de déchargement des rebuts.

Il est recommandé d'étudier attentivement les méthodes de manutention, de collecte et de déchargement des rebuts pour s'assurer que ceux-ci sont traités le plus efficacement et le plus économiquement possible.

Pour les rebuts encombrants, comme le papier, les boîtes de carton ou autres matériaux d'emballage, on pourrait envisager l'acquisition d'équipements compacteurs pour réduire leur volume et par conséquent manipuler un poids plus élevé par unité de volume. Le nombre de voyages requis pour le déplacement des matières au dépotoir s'en trouverait réduit, entraînant ainsi une moins grande consommation énergétique et des économies d'argent.

En outre, s'il y a possibilité de vendre un produit usé, on devrait vérifier la possibilité de le trier pendant la collecte. Même si cette procédure ne représente pas vraiment une possibilité d'économiser de l'énergie, la vente d'une matière autrement gaspillée peut augmenter le revenu de l'entreprise.

On peut également étudier la possibilité d'utiliser les rebuts comme combustible.

Possibilités de rénovation

Les possibilités de rénovation sont des initiatives de gestion de l'énergie réalisées en une seule fois et dont le coût est important. Voici des exemples types de possibilités de rénovation.

1. Réviser l'ensemble des activités de traitement et de manutention des matériaux de l'installation lorsqu'on envisage l'agrandissement de celle-ci, pour éviter le rapiéçage.
2. Améliorer la surface du sol de la cour pour s'assurer qu'il est bien lisse (réduction du frottement de roulement et des coûts de maintenance).
3. Étudier la possibilité d'utiliser des microprocesseurs et des ordinateurs pour mieux commander le procédé et l'équipement de manutention connexe.
4. Réduire le fonctionnement du monte-charge en installant des commandes automatiques pour éviter les déplacements inutiles et diminuer la consommation énergétique.
5. Réduire la fréquence des livraisons pour augmenter l'efficacité de chaque cueillette de commande à travers l'entrepôt.
6. Installer un système de télévision en circuit fermé pour surveiller les équipements et les points de transfert difficiles d'accès ou éloignés.
7. Considérer les moteurs économiseurs d'énergie lors de l'achat ou de la remise en état d'équipement. Utiliser de l'équipement moderne qui économise de l'énergie lorsqu'il faut remplacer des pièces. S'assurer que le nouvel équipement se prête bien à l'application désirée.
8. Étudier la possibilité de fusionner des entrepôts pour réduire le nombre des installations et la duplication de l'équipement.

Exemples concrets de rénovation

1. Réviser les activités de traitement et de manutention des matériaux de l'installation.

Pour réduire les mises de fonds au minimum, on installe de l'équipement de manutention de matériaux pour déplacer le produit à travers l'installation sans tenir compte de la consommation énergétique. Les coûts énergétiques sont tellement élevés de nos jours, qu'il faut étudier l'aménagement des installations et le mouvement des matières en pensant à les réduire ou au moins à les contrôler. Prenons l'exemple concret de coût modique 10. En relocalisant certaines pièces d'équipement de production, on a pu réaliser des économies d'énergie et de maintenance, tout en libérant l'équipement pour qu'il effectue d'autres tâches. Si l'on considère l'installation dans son ensemble, on peut identifier plusieurs autres possibilités de ce genre. Chaque possibilité doit cependant être étudiée individuellement pour s'assurer qu'elle n'est pas mise en application au détriment de l'exploitation de l'ensemble de l'installation.

2. Améliorer la surface de roulement de la cour.

Le sol de la cour où circulent les chariots élévateurs doit être dur et lisse. Une surface en asphalte ou en béton réduit le frottement de roulement et contribue à économiser de l'énergie. De plus, on diminue les coûts de maintenance et d'entretien de l'usine puisque le chariot élévateur fonctionne dans des conditions moins sévères.

On devrait étudier la possibilité de paver certaines pistes précises et certaines aires de stockage extérieures.

3. Étudier la possibilité d'utiliser des microprocesseurs et des ordinateurs pour les contrôles.

Dans plusieurs installations, on peut réduire la consommation énergétique en installant un microprocesseur ou un ordinateur.

Prenons par exemple une usine où l'on mélange des lots de poudre sèche. Les produits d'une série de trémies sont transportés par convoyeur à un poste où chaque composant est pesé manuellement et acheminé vers l'équipement de mélange par un autre convoyeur. Une fois tous les composants ajoutés au mélange, le mélangeur fonctionne pour une période minutée. L'opération terminée, il est déchargé dans un autre convoyeur qui transporte la matière mélangée à une trémie de stockage.

On pourrait installer un microprocesseur et de l'équipement de pesage automatique pour démarrer et arrêter automatiquement les convoyeurs alimentés par les différentes trémies et se déplaçant vers l'équipement de pesage. De plus, ils pèseraient automatiquement chaque composant, transféreraient les composants pesés au mélangeur, règleraient le fonctionnement du mélangeur, arrêteraient et démarreraient le convoyeur de décharge du mélangeur et répéteraient le cycle au besoin.

Pour plus de renseignement, se référer au module 16 intituté «Régulation automatique».

4. Installer des commandes automatiques sur le monte-charge.

La plupart des monte-charges retournent automatiquement au rez-de-chaussée lorsqu'ils ne sont pas utilisés. On peut se procurer des commandes automatiques qui permettent au monte-charge de rester à son dernier point d'utilisation, ce qui réduit les déplacements inutiles et la consommation énergétique.

5. Réduire la fréquence des livraisons.

Dans l'entrepôt, les commandes sont souvent exécutées à mesure qu'elles sont reçues. Dans plusieurs cas, un véhicule motorisé circule dans l'entrepôt chaque fois qu'une commande est passée.

On pourrait changer l'horaire des activités de l'entrepôt de façon à exécuter des commandes multiples lors d'un seul voyage. De plus, en réduisant la fréquence des livraisons aux clients, les véhicules de livraison et de l'entrepôt économisent du combustible.

Lors de la mise en application d'une procédure de cette nature, il faut s'assurer que la réduction de la fréquence de livraisons ne se fait pas au détriment de la satisfaction du client.

6. Installer un système de télévision en circuit fermé.

Dans plusieurs cas, les équipements ou les points de transfert difficiles d'accès des systèmes de manutention des matériaux ne peuvent être surveillés que par un système en circuit fermé. Les blocages, les accrochages ou l'absence de transfert sont détectés et l'équipement peut être arrêté jusqu'à ce que le problème ait été réglé. Ce genre de système élimine les situations dangereuses pour l'équipement et le produit.

7. Choisir un équipement de dimension appropriée à haut rendement énergétique.

Comme nous l'avons déjà indique dans certains exemples concrets précédents, un équipement de trop grande capacité gaspille de l'énergie et de l'argent. Il faut prendre soin de bien choisir le nouvel équipement ou les pièces de rechange pour de l'équipement déjà existant et s'assurer qu'ils économisent de l'énergie et se prêtent bien à l'application désirée. Lorsque l'on remet des chariots élévateurs en état, l'acheteur doit étudier les différentes options de moteur puisque plusieurs moteurs à combustion interne de conception nouvelle consomment beaucoup moins d'énergie.

Pour le remplacement des moteurs électriques, on peut se référer au module 4 intitulé «Moteurs électriques économiseurs d'énergie».

8. Fusionner des entrepôts.

Si une entreprise exploite plusieurs entrepôts au sein d'une même zone géographique, il peut être avantageux de les combiner ou de combiner certains d'entre eux pour former une seule unité centrale. Quoique les frais de transport à partir de l'entrepôt centralisé jusqu'aux clients peuvent augmenter, ils peuvent être compensés par la réduction des besoins en énergie du bâtiment, du personnel et de la flotte de véhicules de livraison.

Calculs pour connaître l'alimentation d'un convoyeur à courroie

Feuille de travail 17-1

Page 1 de 2

Entreprise: COMPAGNIE XYZ Date: FÉVRIER 1986

EXEMPLE CONCRET DE MAINTENANCE No. 4

Endroit: ANYTOWN Par: MBE

N° de convoyeur: 6

Type de convoyeur: ✓ à rouleaux _____ à glissière _____ à rouleaux à service intense

Matière	PRODUIT FINI
Charge du convoyeur	0 kg/m
Longueur du convoyeur	61 m
Pour un convoyeur à rouleaux, distance centre à centre entre les rouleaux transporteurs	0.152 m
Largeur entre les châssis	1 m
Angle d'inclinaison (table 2)	0 °
Vitesse du convoyeur (Vc)	0.508 m/s
Coefficient de frottement	0.05

Charge vive totale LL_T = Charge vive (kg/m) x longueur du convoyeur (m)

= 0 x 61

= 0 kg

Charge morte 1 (table 1) DL_1 = Charge morte (lère partie) kg/m x longueur du convoyeur (m)

= 20.53 x 61

= 1252.33 kg

Charge morte 2 (table 2) DL_2 = Charge morte (2e partie) kg

= 90.72 kg

Charge morte totale DL_T = DL_1 + DL_2

= 1252.33 kg + 90.72 kg

= 1343.05 kg

Calculs pour connaître l'alimentation d'un convoyeur à courroie

Feuille de travail 17-1

Page 2 de 2

Entreprise: COMPAGNIE XYZ Date: FÉVRIER 1986

Endroit: ANYTOWN Par: MBE

Tension de la courroie

$BP = (LL_T + DL_T) \times C_f$

$= (\underline{0} + \underline{1343.05}) \times \underline{0.05}$

$= \underline{1343.05} \times \underline{0.05}$

$= \underline{67.15}$ kg

Tension de la courroie
Inclinaison
(déclinaison)

BP_A = charge vive totale sur inclinaison (kg) x sinus de l'angle

$= \underline{0} \times \underline{0}$

$= \underline{0}$ kg

$BP_E = (BP + BP_A) \times 1{,}25$

$= (\underline{67.15} + \underline{0}) \times 1{,}25$

$= \underline{83.94}$ kg

Alimentation $= BP_E \times V_c \times 0{,}0098$

$= \underline{83.94} \times \underline{0.508} \times 0{,}0098$

$= \underline{.42}$ kW

ANNEXES

A Glossaire
B Tablets
C Conversions courantes
D Feuilles de travail

Glossaire

Analyse au passage — Inspection visuelle de l'installation pour observer comment l'énergie est employée et déceler les cas où elle est gaspillée.

Analyse de diagnostic — Analyse d'une possibilité d'économie de l'énergie comportant l'évaluation du processus actuel, l'étude des registres correspondants de même que l'estimation de la mise de fonds et des coûts d'exploitation afin de déterminer la rentabilité du projet.

Charge par à-coups — Débit irrégulier de produits ou de matières.

Clapet à air rotatif — Dispositif mécanique qui extrait les solides séparés d'un cyclone tout en empêchant l'air de s'échapper. Il consiste habituellement en une roue étoilée pivotant dans une enceinte. Chaque section de l'étoile se remplit de matières au fond du cyclone et se vide en s'éloignant de celui-ci.

Cour — Zone située à l'extérieur d'un bâtiment et entourée d'une clôture.

Cubage — Représente la quantité de volume utilisé d'un espace défini comparée au volume total de ce même espace. Plus le cubage est élevé, plus il y a de volume utilisé (utilisation efficace de l'espace).

Cyclone — Dépoussiéreur mécanique utilisant essentiellement la force centrifuge pour séparer les fines particules solides en suspension dans l'air.

Énergie — Grandeur caractérisant l'aptitude d'un système à fournir un travail. L'énergie existe sous différentes formes transformables, soit thermique (chaleur), mécanique (travail), électrique et chimique. L'énergie est mesurée couramment en kilowattheures (kWh) ou en mégajoules (MJ).

Énergie gaspillée — Ènergie dissipée sans avoir été pleinement utilisée. Il peut s'agir d'énergie sous forme de vapeur, de gaz d'échappement, d'eau de refoulement et même de rebuts.

Intensité énergétique — Quantité d'énergie requise pour produire un produit ou un groupe de produits. Exprimée en énergie utilisée par unité de production.

Lubrifiant — Matière utilisée pour l'une ou plusieurs des applications suivantes: réduire la friction, empêcher l'usure, empêcher l'adhésion, refroidir des pièces mobiles et empêcher la corrosion.

Possibilités d'amélioration de coût modique — Initiatives de gestion de l'énergie qui sont réalisées une seule fois et dont le coût n'est pas élevé.

Possibilités de maintenance — Initiatives de gestion de l'énergie qui sont exécutées de façon périodique, au moins une fois par année. Ces possibilités comprennent des programmes d'entretien préventif.

Possibilités de rénovation — Initiatives de gestion de l'énergie qui sont réalisées une seule fois et dont le coût est important.

Quart — Période d'activité pendant laquelle une équipe de travail est en service.

Réducteur d'accouplement — Démultiplicateur intégrant un moteur raccordé à l'appareil asservi par l'entremise d'une chaîne ou d'une courroie.

Réducteur monté sur arbre — Démultiplicateur monté directement sur l'arbre qu'il entraîne, contrairement au réducteur entraînant l'arbre par une chaîne ou une courroie.

Stabilisateur — Élément de soutien se prolongeant sur l'un ou l'autre des côtés des gerbeuses d'un chariot cavalier pour passages étroits. Les stabilisateurs réduisent la longueur hors-tout du chariot en éléminant les contrepoids.

Transpalette — Chariot qui permet de soulever à faible hauteur et de transporter une charge sur une palette.

Type d'énergie — Combustible ou forme d'énergie utilisé par une installation donnée (exemple: pétrole, électricité et gaz naturel).

Vanne rotative — Dispositif mécanique semblable au clapet à air rotatif et utilisé comme appareil de mesure pour régler le débit des matières poudreuses ou granuleuses.

POIDS MORTS DES CONVOYEURS (DL)
TABLE 1

Convoyeur à courroie à rouleaux

	Centres des rouleaux transporteurs	Distance entre les châssis				
		0,38 m kg/m	**0,53 m kg/m**	**0,69 m kg/m**	**0,84 m kg/m**	**0,99 m kg/m**
Charge morte 1ère partie	0,076 m	14,28	19,05	24,4	29,16	33,93
	0,114 m	10,27	13,84	17,86	21,43	25,0
	0,152 m	8,33	11,31	14,58	17,56	20,53
	0,229 m	6,7	8,78	11,31	13,69	16,07
	0,305 m	5,36	7,44	9,67	11,76	13,84
Charge morte 2e partie	Ensembles moteur et tendeur	36,29 kg	49,9 kg	63,5 kg	77,11 kg	90,72 kg
	Ensembles de chargement mécanique	34,02 kg	45,36 kg	56,7 kg	68,04 kg	79,38 kg

Convoyeur à courroie à glissières

	Centres des rouleaux transporteurs	Distance entre les châssis				
		0,38 m kg/m	**0,53 m kg/m**	**0,69 m kg/m**	**0,84 m kg/m**	**0,99 m kg/m**
Charge morte 1ère partie		2,38	3,57	4,76	5,95	7,14
Charge morte 2e partie	Ensembles moteur et tendeur	36,29 kg	49,9 kg	63,5 kg	77,11 kg	90,72 kg
	Ensembles de chargement mécanique	34,02 kg	45,36 kg	56,7 kg	68,04 kg	79,38 kg

Convoyeur à courroie à service intense

	Centres des rouleaux transporteurs	Distance entre les châssis				
		0,69 m kg/m	**0,84 m kg/m**	**0,99 m kg/m**	**1,14 m kg/m**	**1,3 m kg/m**
Charge morte 1ère partie	0,076 m	52,97	63,09	73,21	83,33	94,04
	0,114 m	36,9	44,04	51,19	58,33	65,92
	0,152 m	28,87	34,52	40,18	45,83	51,78
	0,229 m	20,83	25,0	29,16	33,33	37,65
	0,305 m	16,81	20,24	23,66	27,08	30,65
Charge morte 2e partie	Ensembles moteur et tendeur	113,4 kg	136,08 kg	158,76 kg	181,44 kg	204,12 kg
	Ensembles de chargement mécanique	95,26 kg	113,4 kg	131,54 kg	149,69 kg	167,83 kg

SINUS DE DIVERS ANGLES
TABLE 2

Angle	Sinus	Angle	Sinus
4°	0,07	18°	0,31
6°	0,10	20°	0,34
8°	0,14	22°	0,37
10°	0,17	24°	0,41
12°	0,21	26°	0,44
14°	0,24	28°	0,47
16°	0,28	30°	0,50

FEUILLE DE CONTRÔLE D'ENTRETIEN D'UN CONVOYEUR MOTORISÉ TYPE
TABLE 3

Endroit: _____ Date: _____

Convoyeur: _____ N° de série: _____

Composant	Remarques
A. Courroie	
État	
Attache	
Centrage	
Tension	
B. Moteur	
Balais	
Huile de boîte d'engrenages	
Reniflard d'huile	
Paliers et bagues d'étanchéité	
Boulons de montage	
Pignon	
Système électrique (câblage, interrupteurs, boîtes, etc.)	
C. Entraînement	
Tambour	
Paliers	
Boulons de montage	
Pignon	
Chaîne	
D. Ensemble tendeur	
Tambour	
Roues de poulies	
Boulons	
E. Rouleaux (roues folles, amortisseurs et transporteurs)	
État	
Paliers	
F. Rouleaux éjectables	
État	
Paliers	
G. Lit	
État	
Paliers	
H. Dispositifs de soutien et de renforcement	
Boulons de montage	
Courroies de réglage	
I. Rails protecteurs	
État	
Boulons de montage	
J. Système électrique	
Câblage	
Connexions et boîtes	
K. Chargeur mécanique	
Courroie	
Tambours	
Paliers (poulies et rouleaux)	
Accessoires (écrous et boulons)	
Chaîne et pignons	

DURÉE DE VIE NORMALE ÉCOMOMIQUE DES CHARIOTS ÉLÉVATEURS À FOURCHE
TABLE 4

Nombre de quarts par jour	Moteur à essence	Moteur au GPL	Moteur électrique
1	5 ans (10 000 heures)	6 ans (12 000 heures)	7 ans (14 000 heures)
2	3 ans (12 000 heures)	4 ans (16 000 heures)	5 ans (20 000 heures)
3	2½ ans (15 000 heures)	3 ans (18 000 heures)	4 ans (24 000 heures)

CONSOMMATION ANNUELLE DE COMBUSTIBLE PAR QUART D'UN CHARIOT ÉLÉVATEUR À FOURCHE
TABLE 5

Capacité du chariot élévateur	Litres d'essence	Litres de GPL	Electricité kWh
907 kg	17	25	15 – 15
1134 kg	17	25	15 – 25
1361 kg	17	25	15 – 25
1814 kg	24	37,9	25 – 35
2268 kg	24	37,9	25 – 35
2722 kg	31,8	49,2	30 – 40
3175 kg	32,9	49,2	30 – 40
3630 kg	34,1	49,2	35 – 45
4536 kg	45,4	58,7	35 – 45
5443 kg	53,0	58,7	40 – 50

COÛT D'ENTRETIEN ANNUEL APPROXIMATIF PAR QUART D'UN CHARIOT ÉLÉVATEUR À FOURCHE
TABLE 6

Capacité du chariot élévateur	Moteur à essence		Moteur au GPL		Moteur électrique	
	$ Matériaux	Heures	$ Matériaux	Heures	$ Matériaux	Heures
907 kg	655	52	570	52	536	33
1134 kg	655	52	570	52	536	33
1361 kg	657	53	572	53	536	33
1814 kg	715	54	625	54	609	34
2268 kg	730	54	635	54	616	34
2722 kg	1 121	60	975	60	717	41
3175 kg	1 140	60	1 005	60	717	41
3630 kg	1 190	60	1 190	60	760	41
4536 kg	1 230	60	1 230	60	828	41
5442 kg	1 295	60	1 295	60	844	41

CONVERSIONS COURANTES

1 baril (35 gal imp.) (42 gal U.S.)	= 159,1 litres
1 gallon (imp.)	= 1,20094 gallon (U.S.)
1 cheval vapeur (chaudière)	= 9809,6 watts
1 cheval vapeur	= 2545 Btu/heure
1 cheval vapeur	= 0,746 kilowatts
1 joule	= 1 N-m
Kelvin	= (°C + 273,15)
1 kilowatt-heure	= 3600 kilojoules
1 Newton	= 1 Kg-m/s^2
1 thermie	= 10^5 Btu
1 tonne (réfrigérant)	= 12002,84 Btu/heure
1 tonne (réfrigérant)	= 3516,8 watts
1 watt	= 1 joule/seconde
degré Rankine	= (°F + 459,67)

Cubes

1 v^3	= 27 pi^3
1 pi^3	= 1728 po^3
1 cm^3	= 1000 mm^3
1 m^3	= 10^6 cm^3
1 m^3	= 1000 L

Carrés

1 v^2	= 9 pi^2
1 pi^2	= 144 po^2
1 cm^2	= 100 mm^2
1 m^2	= 10000 cm^2

PRÉFIXES SI

Préfixe	Symbole	Valeur numérique	Exposant
téra	T	1 000 000 000 000	10^{12}
giga	G	1 000 000 000	10^9
méga	M	1 000 000	10^6
kilo	k	1 000	10^3
hecto	h	100	10^2
déca	da	10	10^1
déci	d	0,1	10^{-1}
centi	c	0,01	10^{-2}
milli	m	0,001	10^{-3}
micro	u	0,000 001	10^{-6}
nano	n	0,000 000 001	10^{-9}
pico	p	0,000 000 000 001	10^{-12}

TABLES DE CONVERSION DES UNITÉS MÉTRIQUES EN UNITÉS IMPÉRIALES

DE	SYMBOLE	À	SYMBOLE	VALEUR NUMÉRIQUE
ampère/centimètre carré	A/cm^2	ampère/pouce carré	A/po^2	6,452
degré Celsius	°C	degré Fahrenheit	°F	(°C × 9/5) + 32
centimètre	cm	pouce	po	0,3937
centimètre cube	cm^3	pouce cube	po^3	0,06102
mètre cube	m^3	pied cube	pi^3	35,314
gramme	g	once	oz	0,03527
gramme	g	livre	lb	0,0022
gramme/litre	g/L	livre/pied cube	lb/pi^3	0,06243
joule	J	Btu	Btu	$9,480 \times 10^{-4}$
joule	J	pied-livre	pi-lb	0,7376
joule	J	cheval vapeur-heure	cv-h	$3,73 \times 10^{-7}$
joule/mètre, (Newton)	J/m, N	livre	lb	0,2248
kilogramme	kg	livre	lb	2,205
kilogramme	kg	tonne (longue)	tonne	$9,842 \times 10^{-4}$
kilogramme	kg	tonne (courte)	tn	$1,102 \times 10^{-3}$
kilomètre	km	mille	mille	0,6214
kilopascal	kPa	atmosphère	atm	$9,87 \times 10^{-3}$
kilopascal	kPa	pouce de mercure (32°F)	po de Hg	0,2953
kilopascal	kPa	pouce d'eau (4°C)	po d'H_2O	4,0147
kilopascal	kPa	livre/pouce carré	lb/po^2	0,1450
kilowatt	kW	pied-livre/seconde	pi-lb/s	737,6
kilowatt	kW	cheval vapeur	cv	1,341
kilowatt-heure	kWh	Btu	Btu	3413
litre	L	pied cube	pi^3	0,03531
litre	L	gallon (imp.)	gal (imp.)	0,21998
litre	L	gallon (U.S.)	gal (U.S.)	0,2642
litre/seconde	L/s	pied cube/minute	pi^3/min	2,1186
lumen/mètre carré	lm/m^2	lumen par pied carré	lm/pi^2	0,09290
lux, lumen/mètre carré	lx, lm/m^2	pied bougie	pi-b	0,09290
mètre	m	pied	pi	3,281
mètre	m	verge	yd	1,09361
partie par million	ppm	grain/gallon (imp.)	gr/gal (imp.)	0,07
partie par million	ppm	grain/gallon (U.S.)	gr/gal (U.S.)	0,05842
perméance (métrique)	PERM	perméance (imp.)	perm	0,01748
centimètre carré	cm^2	pouce carré	po^2	0,1550
mètre carré	m^2	pied carré	pi^2	10,764
mètre carré	m^2	verge carré	v^2	1,196
tonne (métrique)	t	livre	lb	2204,6
watt	W	Btu/heure	Btu/h	3,413
watt	W	lumen	lm	668,45

TABLES DE CONVERSION DES UNITÉS IMPÉRIALES EN UNITÉS MÉTRIQUES

DE	SYMBOLE	À	SYMBOLE	VALEUR NUMÉRIQUE
ampère/po^2	A/po^2	ampère/cm^2	A/cm^2	0,1550
atmosphère	atm	kilopascal	kPa	101,325
British Thermal Unit	Btu	joule	J	1054,8
Btu	Btu	kilogramme-mètre	kg-m	107,56
Btu	Btu	kilowatt-heure	kWh	$2,928 \times 10^{-4}$
Btu/heure	Btu/h	watt	W	0,2931
calorie, gramme	cal ou	g-cal joule	J	4,186
chaîne	chaîne	mètre	m	20,11684
pied cube	pi^3	mètre cube	m^3	0,02832
pied cube	pi^3	litre	L	28,32
pied cube/minute	pi^3/m	litre/seconde	L/s	0,47195
cycle/seconde	c/s	Hertz	Hz	1,00
degré Fahrenheit	°F	degré Celsius	°C	(°F−32)/1,8
pied	pi	mètre	m	0,3048
pied bougie	pi-b	lux, lumen/mètre carré	lx, lm/m^2	10,764
pied lambert	pi-L*	candela/mètre carré	cd/m^2	3,42626
pied-livre	pi-lb	joule	J	1,356
pied-livre	pi-lb	kilogramme-mètre	kg-m	0,1383
pied livre/seconde	pi-lb/s	kilowatt	kW	$1,356 \times 10^{-3}$
gallon (imp.)	gal (imp.)	litre	L	4,546
gallon (U.S.)	gal (U.S.)	litre	L	3,785
grain/gallon (imp.)	gr/gal(imp.)	partie par million	ppm	14,286
grain/gallon (U.S.)	gr/gal(U.S.)	partie par million	ppm	17,118
cheval vapeur	cv	watt	W	745,7
cheval vapeur-heure	cv-h	joule	J	$2,684 \times 10^6$
pouce	po	centimètre	cm	2,540
pouce de mercure (32°F)	po de Hg	kilopascal	kPa	3,386
pouce d'eau (4°C)	po d'H_2O	kilopascal	kPa	0,2491

TABLES DE CONVERSION DES UNITÉS IMPÉRIALES EN UNITÉS MÉTRIQUES (CONT.)

DE	SYMBOLE	À	SYMBOLE	VALEUR NUMÉRIQUE
lambert	L*	candela/mètre carré	cd/m^2	3,183
lumen/pied carré	lm/pi^2	lumen/mètre carré	lm/m^2	10,76
lumen	lm	watt	W	0,001496
mille	mille	kilomètre	km	1,6093
once	oz	gramme	g	28,35
perm (0°C)	perm	kilogramme par pascal-seconde-mètre carré	$kg/(Pa\text{-}s\text{-}m^2)$ (PERM)	$5{,}721 \times 10^{-11}$
perm (23°C)	perm	kilogramme par pascal-seconde-mètre carré	$kg/(Pa\text{-}s\text{-}m^2)$ (PERM)	$5{,}745 \times 10^{-11}$
perm-pouce (0°C)	perm-po	kilogramme par pascal-seconde-mètre	kg/(Pa-s-m)	$1{,}4532 \times 10^{-12}$
perm-pouce (23°C)	perm-po	kilogramme par pascal-seconde-mètre	kg/(Pa-s-m)	$1{,}4593 \times 10^{-12}$
chopine (imp.)	chopine	litre	L	0,56826
livre	lb	gramme	g	453,5924
livre	lb	joule/mètre (Newton)	J/m N	4,448
livre	lb	kilogramme	kg	0,4536
livre	lb	tonne (métrique)	t	$4{,}536 \times 10^{-4}$
livre/pied cube	lb/pi^3	gramme/litre	g/L	16,02
livre/pouce carré	lb/po^2	kilopascal	kPa	6,89476
pinte	pinte	litre	L	1,1365
slug	slug	kilogramme	kg	14,5939
pied carré	pi^2	mètre carré	m^2	0,09290
pouce carré	po^2	centimètre carré	cm^2	6,452
verge carré	v^2	mètre carré	m^2	0,83613
tonne (longue)	ton	kilogramme	kg	1016
tonne (courte)	tn	kilogramme	kg	907,185
verge	v	mètre	m	0,9144

* "L" tel qu'utilisé dans l'éclairement.

Les valeurs typiques qui suivent peuvent servir de facteurs de conversion quand les données réelles manquent. Les équivalents en MJ et en BTU correspondent à la chaleur de combustion. Les chiffres applicables aux hydrocarbures correspondent à la valeur calorifique la plus élevée (poids humide). Certains produits sont de toute évidence des matières premières, mais ont été inclus au tableau pour le rendre plus complet et pour servir de référence. Les facteurs de conversion pour le charbon sont approximatifs puisque la valeur calorifique de ce produit varie selon la mine d'où il a été extrait.

TYPE D'ÉNERGIE	MÉTRIQUE	IMPÉRIAL
CHARBON		
— métallurgique	29 000 mégajoules/tonne	25,0 × 10^6 BTU/tonne
— anthracite	30 000 mégajoules/tonne	25,8 × 10^6 BTU/tonne
— bitumineux	32 100 mégajoules/tonne	27,6 × 10^6 BTU/tonne
— sous-bitumineux	22 100 mégajoules/tonne	19,0 × 10^6 BTU/tonne
— lignite	16 700 mégajoules/tonne	14,4 × 10^6 BTU/tonne
COKE		
— métallurgique	30 200 mégajoules/tonne	26,0 × 10^6 BTU/tonne
— pétrolier		
— brut	23 300 mégajoules/tonne	20,0 × 10^6 BTU/tonne
— calciné	32 600 mégajoules/tonne	28,0 × 10^6 BTU/tonne
POIX	37 200 mégajoules/tonne	32,0 × 10^6 BTU/tonne
PÉTROLE BRUT	38,5 mégajoules/litre	5,8 × 10^6 BTU/baril
MAZOUT N° 2	38,68 mégajoules/litre	5,88 × 10^6 BTU/baril 0,168 × 10^6 BTU/GI
PÉTROLE N° 4	40,1 mégajoules/litre	6,04 × 10^6 BTU/baril 0,173 × 10^6 BTU/GI
PÉTROLE N° 6 (MAZOUT LOURD C)		
— 2,5 % soufre	42,3 mégajoules/litre	6,38 × 10^6 BTU/baril 0,182 × 10^6 BTU/GI
— 1,0 % soufre	40,5 mégajoules/litre	6,11 × 10^6 BTU/baril 0,174 × 10^6 BTU/GI
— 0,5 % soufre	40,2 mégajoules/litre	6,05 × 10^6 BTU/baril 0,173 × 10^6 BTU/GI
KÉROSÈNE	37,68 mégajoules/litre	0,167 × 10^6 BTU/GI
DIESEL	38,68 mégajoules/litre	0,172 × 10^6 BTU/GI
GAZOLINE	36,2 mégajoules/litre	0,156 × 10^6 BTU/GI
GAZ NATUREL	37,2 mégajoules/m^3	1,00 × 10^6 BTU/M pi^3
PROPANE	50,3 mégajoules/kg 26,6 mégajoules/litre	0,02165 × 10^6 BTU/lb 0,1145 × 10^6 BTU/GI
ÉLECTRICITÉ	3,6 mégajoules/kWh	0,003413 × 10^6 BTU/kWh

Calculs pour connaître l'alimentation d'un convoyeur à courroie

Feuille de travail 17-1

Page 1 de 2

Entreprise: _____ Date: _____

Endroit: _____ Par: _____

N° de convoyeur: _____

Type de convoyeur: _____à rouleaux _____à glissière _____à rouleaux à service intense

Matière _____

Charge du convoyeur _____ kg/m

Longueur du convoyeur _____ m

Pour un convoyeur à rouleaux, distance centre à centre entre les rouleaux transporteurs _____ m

Largeur entre les châssis _____ m

Angle d'inclinaison (table 2) _____ °

Vitesse du convoyeur (Vc) _____ m/s

Coefficient de frottement _____

Charge vive totale LL_T = Charge vive (kg/m) x longueur du convoyeur (m)

= _____ x _____

= _____ kg

Charge morte 1 (table 1) DL_1 = Charge morte (1ère partie) kg/m x longueur du convoyeur (m)

= _____ x _____

= _____ kg

Charge morte 2 (table 2) DL_2 = Charge morte (2e partie) kg

= _____ kg

Charge morte totale DL_T = DL_1 + DL_2

= _____ kg + _____ kg

= _____ kg

Calculs pour connaître l'alimentation d'un convoyeur à courroie

Feuille de travail 17-1
Page 2 de 2

Entreprise: _____ Date: _____

Endroit: _____ Par: _____

Tension de la courroie

$BP = (LL_T + DL_T) \times C_f$

$= (_____ + _____) \times _____$

$= _____ \times _____$

$= _____$ kg

Tension de la courroie
Inclinaison
(déclinaison)

BP_A = charge vive totale sur inclinaison (kg) x sinus de l'angle

$= _____ \times _____$

$= _____$ kg

$BP_E = (BP + BP_A) \times 1{,}25$

$= (_____ + _____) \times 1{,}25$

$= _____$ kg

Alimentation $= BP_E \times V_c \times 0{,}0098$

$= _____ \times _____ \times 0{,}0098$

$= _____$ kW

Comparaison entre le coût d'achat d'un élévateur et les coûts d'exploitation annuels

Feuille de travail 17-2

Entreprise: _____ Date: _____

Endroit: _____ Par: _____

Comparaison du coût en capital annuel d'un chariot élévateur				
Facteur		Moteur à gaz	Moteur au GPL	Moteur électrique
1 Marque et modèle du chariot				
2 Prix total du chariot	$			
3 Accumulateur*	$			
4 Chargeur d'accumulateurs**	$			
5 Coût total de l'équipement	$			
6 Durée de vie de l'équipement (table 4)	ans			
7 Coût de l'équipement par année	$			
Comparaison du coût annuel de consommation de combustible par quart d'un chariot élévateur				
8 Coût unitaire du combustible	$			
9 Capacité du chariot élévateur	kg			
10 Consommation par quart (table 5)				
11 Coût du combustible par quart (8) x (10)				
12 Nombre de jours de service par année				
13 Coût annuel du combustible par quart	$			
Comparaison du coût annuel d'entretien d'un chariot élévateur par quart				
14 Coût des matériaux (table 6)	$			
15 Heures de main-d'oeuvre par année (table 6)	h			
16 Coût de main-d'oeuvre par heure	$			
17 Coût total de la main-d'oeuvre par année (16) x (15)	$			
Comparaison du coût en capital et des coûts d'exploitation annuels d'un chariot élévateur				
I Coût annuel de l'équipement (7)	$			
II Coût annuel du combustible par quart (13)	$			
III Coût annuel d'entretien par quart				
(a) Matériaux (14)	$			
(b) Main-d'oeuvre (17)	$			
Total (IIIa +IIIb)	$			
IV Coût annuel d'entretien et de combustible par quart (II + III)	$			
V Nombre de quarts				
VI Coût annuel d'entretien et de combustible (IV x V)	$			
VII Coût d'exploitation total annuel (I + VI)	$			

*Lorsqu'il s'agit d'un seul quart, indiquer le coût d'un accumulateur par chariot. S'il s'agit de deux ou trois quarts, indiquer le coût de deux accumulateurs par chariot.

**Pour une opération de un ou plusieurs quarts, indiquer le coût d'un chargeur d'accumulateurs par chariot.